



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



Su Verimliliği
Seferberliği



TARIM SEKTÖRÜNDE SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

ANKARA / 2021



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	9
1.1. Türkiye'deki Su Kaynakları ve Su Varlığı	9
1.2. Metodolojik Rehberin Amacı	11
1.3. Rehberin İÇeriği	12
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	13
2.1. Tarım Sektörü	13
2.1.1. Su Verimliliği: Kavramlar ve Tanımlar	13
2.1.2. Tarım Sektöründe Su Verimliliği Değerlendirmesi.....	17
3. TARIM SEKTÖRÜ	19
3.1. Mevcut Durum Değerlendirmesi	24
3.1.1. Su Kaynağı ve Sulama Tipi	25
3.1.2. Terfi İstasyonu, Cebri Boru ve Regülasyon Havuzu	27
3.1.3. Sulama Sistemi ve Sulama Yöntemi.....	29
3.1.4. İklim, Su İhtiyacı ve Su Kullanımı	38
3.1.5. Su Kalitesi ve Ötrofikasyon	41
3.1.6. Toprak Yapısı ve Bitki Deseni.....	45
3.1.7. Yeraltı Su Seviyesi ve Su Tutma Kapasitesi	48
3.1.8. Sulama Parselleri ve Toplulaştırma.....	49
3.1.9. Drenaj Altyapıları.....	52
3.1.10. Verimli ve Etkin Sulama Strateji ve Uygulamaları.....	54
3.2. Sulama Verimliliğinin İyileştirilmesine Yönelik Tedbirler	56
3.2.1. Sulama Altyapılarının Yenilenmesi	57
3.2.2. Parsel İletim Hattı ve Tarla Vanası Yapılması.....	58
3.2.3. Tarla İÇi Yüksek Verimli Sulama Sistemlerinin Kurulması	59
3.2.4. Otomasyon ve Telekontrol Sistemlerinin (SCADA) Uygulanması	60
3.2.5. Çiftçiler İÇin Kapasite Geliştirme Planı	64
3.2.6. Suyun Fiyatlandırılmasına İlişkin Tedbirler	66
3.3. Sulama Verimliliğine Etki Eden Uygulama Örnekleri	67
3.3.1. İyi Yönetim Uygulamalarına ÖrneK Olarak İyi Tarım Uygulamaları Kodu	67



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.3.2. Su-Enerji-Gıda Bağı Yaklaşımı	75
3.3.3. Tarımsal Sulamada Su Ayak İzi Hesaplamaları	78
3.3.4. Mukayeseli Değerlendirme Çalışmaları	81
4. KAYNAKÇA.....	84



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları. Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2019).	9
Tablo 2. Su Kaynağı İçin Karakterizasyon Verileri	14
Tablo 4. Su İletimi İçin Karakterizasyon Verileri.....	15
Tablo 5. Su Dağıtımı İçin Karakterizasyon Verileri	15
Tablo 6. Sulama Sistemi İçin Karakterizasyon Verileri	16
Tablo 7. Drenaj Suyu İçin Karakterizasyon Verileri	16
Tablo 8. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Tarımsal Kullanımı. Kaynak: DSI (2020).	20
Tablo 9. Tarım Sulama Hedefleri (On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)	21
Tablo 10. Farklı Sulama Yöntemlerinde Çiftlik Randımanları. Kaynak: TAGEM&DSI (2017).	37
Tablo 11. Sulama Sistemleri: Avantajları ve Dezavantajları	37
Tablo 12. Sulanan Alanlarda Su kalitesi ile İlişkili Problemler. Kaynak: Yurtseven (2020).	42
Tablo 13. Sulamada Kullanılacak Suların Değerlendirilmesi Rehberi. Kaynak: Ayers vd. (1989).	43
Tablo 14. Ötrofikasyonla İlgili Direktifler ve Gereklilikleri.	44
Tablo 15. Sulama Yönünden Önemli Bazı Toprak Özellikleri.	46
Tablo 16. Karaman Gödet Barajı Sahasında Uygulanan Toplulaştırma Projesi'nde Sağlanan Tasarruf. Kaynak: Şengün (2006).	51
Tablo 17. Yaygın Olan Ürün Grupları İçin Su Ayak İzleri (1996-2005). Kaynak: Mekonnen &Hoekstra (2011)	80



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

ŞEKİL LİŐTESİ

Şekil 1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli. Kaynak: SYGM (2018).....	10
Şekil 2. Türkiye Son 24 Aylık Kuraklık Haritası. Kaynak: www.mgm.gov.tr (2020).....	11
Şekil 4. Sulama Suyu Tedarik Zinciri.....	13
Şekil 5. Tarım Sektöründe Verimlilik Değerlendirmesinin Aşamaları.....	23
Şekil 6. Sulama Amaçlı Banaz Kızılcasöğüt Göleti.	26
Şekil 7. Afyonkarahisar Çay Eber Yeraltı Su Kuyusu Koruma Odası. Kaynak: SYGM (2020).	27
Şekil 8. Suruç Pompa İstasyonu.	28
Şekil 9. YAS Sulamasında Terfi İstasyonu – Regülasyon Havuzu Kullanımı. Kaynak: SYGM (2020).	29
Şekil 10. Açık Kanal ve Kapalı PE100 Boru.....	30
Şekil 11. Salma Sulama Uygulaması.....	31
Şekil 12. Tava (Göllendirme) Sulama Uygulaması.....	31
Şekil 13. Karık Sulama Uygulaması.....	32
Şekil 14. Mikro Yağmurlama Sulama Uygulaması.....	33
Şekil 15. Wheel Line Yağmurlama Sulama Uygulaması.....	33
Şekil 16. Center Pivot Yağmurlama Sulama Uygulaması.....	34
Şekil 17. Yüksek Basınçlı Yağmur Tabancası.....	34
Şekil 18. Toprak Altı Damla Sulama Uygulaması.....	36
Şekil 19. Evapotranspirasyon Şematik Gösterimi.	38
Şekil 20. DSİ Tarafından Kullanılan dsibt Programından Görünüm.	40
Şekil 21. FAO AquaCrop Programından Görünüm. Kaynak: www.fao.org.....	40
Şekil 22. FAO CropWat Programından Görünüm. Kaynak: www.fao.org.....	41
Şekil 23. Farklı Sulama Yöntemlerinde Tuzluluk.	42
Şekil 24. Türkiye’deki Belli Başlı Ürünler.....	47
Şekil 25. Yeraltı Suyu ve Akifer Türleri. Kaynak: Dogdu (2013).	48
Şekil 26. Doğgun Olan ve Doğgun Olmayan Bölgenin Şematik Görünümü. Kaynak: Özlü (2020).	49
Şekil 27. Tarla İçi Şebekesi Planı.....	50
Şekil 28. Tarla Vanası Kesiti.....	50
Şekil 29. Arazi Toplulaştırmasının Yol ve Kanal Güzergahlarına Etkisi. Kaynak: Yoğunlu (2013).	51
Şekil 30. Eskişehir’de 12.000 ha Arazi Toplulaştırması.	52
Şekil 31. Drenaj İhtiyacı Olan Bir Sulama Alanı Örneği.	53
Şekil 32. Trapez Kesitli Açık Drenaj Kanalı.....	54
Şekil 33. Damla Sulama Uygulaması.	55
Şekil 34. Açık Kanalların Kapalı Boru Olarak İyileştirilmesi.	57
Şekil 35. Kapalı Borunun Hendeğe Döşenmesi İmalatı.	58
Şekil 36. Yeni Nesil Ultrasonik Sulama Suyu Sayacı.	58
Şekil 37. Tam Otomasyonlu Tarla Vanası.....	59
Şekil 38. Tarla İçinde Yağmurlama ve Damla Sulama Uygulamaları.	59
Şekil 39. Ana Kontrol Merkezi Şematik Gösterimi.	61
Şekil 40. Regülasyon Havuzu - Pompa Otomasyonu.....	62



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Şekil 41. Ultrasonik ve Elektromanyetik Debi Ölçer.....	63
Şekil 42. Boruda Basınç Kontrolü.	63
Şekil 43. Çok Fonksiyonlu Meteoroloji İstasyonu.	64
Şekil 44. İyi Tarım Uygulamalarından Örnekler.....	68
Şekil 45. Farklı Malçlama Uygulamaları.	68
Şekil 46. Su-Enerji-Gıda Bağı'nın Sulamaya Dayalı Tarım İle İlişkisi.....	75
Şekil 47. SEG'e FAO Yaklaşımı.	76
Şekil 48. Sulamadaki süreçler ve su ayakizi: suyun depolanması, suyun taşınması ve tarlanın sulanması. Kaynak: Hoekstra vd. (2011).	78
Şekil 49. Bir mahsul veya ağaç için su ayakizinin hesaplanması.....	79
Şekil 50. Mahsullerin su ayakizinin hesaplanmasına yönelik akış diyagramı örneği. Kaynak: Shrestha et al. (2013).....	79
Şekil 51. Bazı ürünler için yağmura dayalı ve tarımsal sulamaya bağlı su ayak izi karşılaştırması. Kaynak: Mekonnen &Hoekstra (2011).	80



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

KISALTMALAR

AB:	Avrupa Birliği
ABA:	Absisik Asit
APG:	Anahtar Performans Göstergesi
CBS:	Coğrafi Bilgi Sistemi
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EC:	Elektriksel İletkenlik
ET:	Evapotranspirasyon
FAO:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GES:	Güneş Enerji Santrali
GKS:	Geleneksel Kısıntılı Sulama
GYGA:	Global Yield Gap Atlas – Küresel Ürün Açığı Atlası
KAR:	Kıştan Artan Rutubet
KASAD:	Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi
KHGM:	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ND:	Nitrat Direktifi
NHB:	Nitrata Hassas Bölge
NHYP:	Nehir Havzası Yönetim Planı
OFRA:	Afrika'da Gübre Optimizasyonu Tavsiyeleri
OMGİ:	Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
RTU:	Uzaktan Kontrol Ünitesi
SCADA:	Yönetimsel Kontrol ve Veri Alma
SÇD:	Su Çerçeve Direktifi
STATIP:	Sorunlu Tarım Arazilerinin Tespiti ve İyileştirilmesi Projesi
TİGEM:	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

TOB:	Tarım ve Orman Bakanlığı
TRGM:	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
UHYS:	Ulusal Havza Yönetim Stratejisi
WWF:	Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı
YAS:	Yeraltı Suyu
YIS:	Yarı İslatmalı Sulama



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050'de 9,8 milyar kişiye ulaşacağı ve bu artışla eş zamanlı olarak küresel ölçekte gıda ve su taleplerinin de artacağı öngörülmektedir. Gelecekteki bu taleplere ek olarak iklim değişikliği ve su kıtlığı/stresi durumları da dikkate alındığında su kaynaklarının verimli kullanılması gerekmektedir. Bu rehber belge, su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine ilişkin teorik kavramları ve pratik uygulamaları ele almaktadır.

1.1. Türkiye'deki Su Kaynakları ve Su Varlığı

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km³'tür. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, kalan %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. Bu rakamlar, elverişli tatlı suya ulaşmanın zorluğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin su potansiyeli ve suların kullanım alanları, Tablo 1 ile verilmektedir:

Tablo 1. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanım Alanları. Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı (2019).

Yıllık yağış miktarı	574 mm
Yıllık yağış miktarı	450 milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu miktarı	98 milyar m ³ (% 87,5)
Kullanılabilir yeraltı suyu miktarı	14 milyar m ³ (% 12,5)
Toplam kullanılabilir su miktarı	112 milyar m ³ (% 100)
Sulamalarda kullanılan su miktarı	44 milyar m ³ (% 77)
Sanayi ve İçme Suyunda kullanılan su miktarı	13 milyar m ³ (% 23)
Toplam kullanılan su miktarı	57 milyar m ³ (% 100)

2014 Yılında Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (UHYS) 'ne göre Türkiye'deki akarsular; 25 ana su havzası, 1.848 alt havza, 14.608 mikro havzaya bölünmüştür. Ana havzaların dört tanesi (Vangölü, Konya, Akarçay, Burdur Gölü) Kapalı Havzadır (DSİ, 2018).

Su kıtlığı veya stres durumunu tanımlamak için kullanılan Falkenmark indeksine göre su kıtlık/stres durumu, ülke veya bölgede kişi başına düşen su miktarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (3. Tarım Orman Şûrası, 2019):

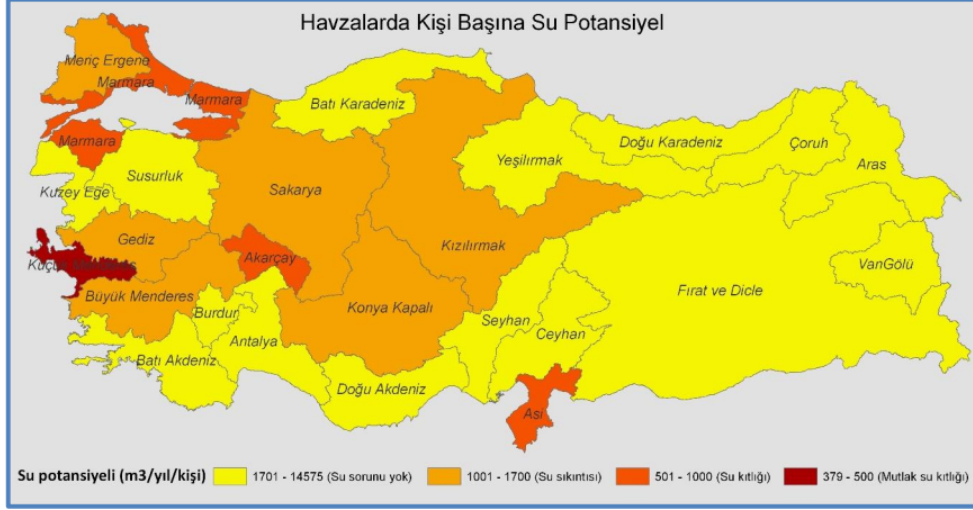
- Mutlak Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 500 m³'ten az olması,
- Su Kıtlığı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.000 ~ 500 m³ arası,
- Su Sıkıntısı Olan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 ~ 1.000 m³ arası,
- Su Sorunu Olmayan : Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 m³'ten daha fazla olması.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Türkiye’de 2020 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.346 m³’dür. Bu duruma göre Türkiye su sıkıntısı olan ülke konumundadır (DSİ, 2020). Şekil 1, Türkiye’de Falkenmark Stres İndeksine göre havzalarda kişi başına düşen su potansiyelini göstermektedir¹.



Şekil 1. Falkenmark Su Stres İndeksine Göre Havzalarda Kişi Başına Düşen Su Potansiyeli. Kaynak: SYGM (2018).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2040 yılı için Türkiye nüfusunun 100 milyon olacağını öngörmektedir (TÜİK Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080).

Mevcut toprak ve su kaynaklarının korunabildiği varsayımı ile 2040 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 1.120 m³ olacaktır. Bu değer Türkiye’yi su kıtlığı olan ülke sınırlarına oldukça yaklaştırmaktadır.

Yıllık kullanılabilir su miktarı değerinde, ülkenin ekonomik olarak büyümesi, tüm sektörlerde su kullanım miktarlarında da artışa sebep olabilecektir. Bu durum su kaynakları konusunda baskıları da arttıracaktır. Bu sebeple gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

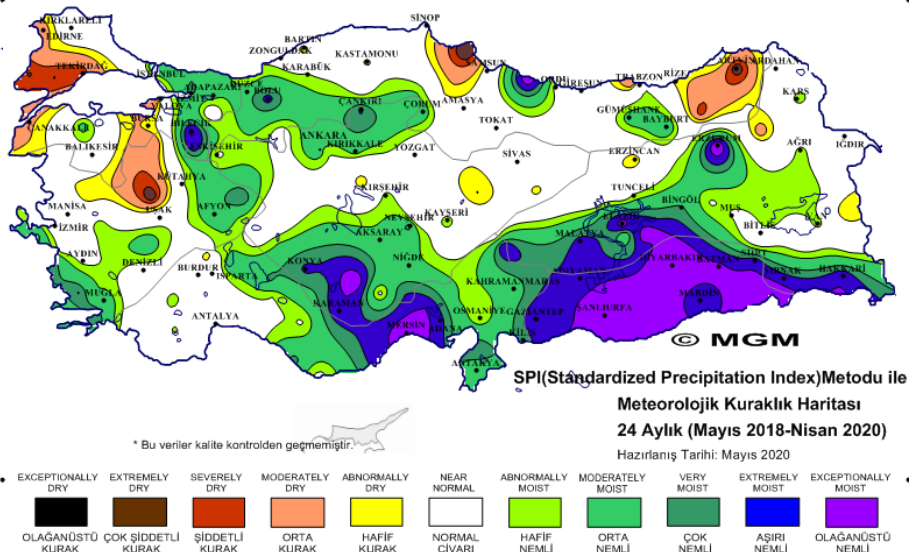
Günümüzde kuraklık tehlikesi de kendini hissettirmeye başlamıştır. Kuraklığın kentlerin su ihtiyacının karşılanmasında bir darboğaz yaratmasından doğadaki canlıların üreme ve gelişmelerini etkilemesine, tarımsal üretimin azalmasından göçlere kadar birçok sosyo-ekonomik etkisi bulunmaktadır. 2017 yılında son 44 yılın en kurak dönemi yaşanmıştır. Şekil 2, Türkiye’deki Mayıs 2018 ve Nisan 2020 arasındaki kuraklık haritasını göstermektedir.

¹ SYGM. (2018). Milli Su Yönetimi Sistemi Fizibilite Raporu.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havza Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 2. Türkiye Son 24 Aylık Kuraklık Haritası. Kaynak: www.mgm.gov.tr (2020).

Türkiye'nin yağış rejimi, mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermekte olup, bazı akarsu havzalarında su ihtiyaçlarının, kaynakların potansiyelini aşmış durumda olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de iklim değişikliğinden kaynaklanan yaz sıcaklıklarının artması, kış yağışlarının azalması, yüzey sularının kaybı, kuraklıkların sıklaşması, toprağın bozulması, kıyılarda erozyon, taşkın ve su baskınları gibi etkiler doğrudan su kaynaklarının varlığını tehdit etmektedir (Çapar, 2019).

İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin havza bazında değerlendirilmesi kapsamında 25 havza için; ortalama sıcaklık, toplam yağış, brüt su potansiyellerinin referans dönemine göre değişimi 30 yıllık dönemler için değerlendirilmiş olup, havzada gerçekleşmesi olası ekstrem değerler verilmiştir. Elde edilen verilerin, projeksiyon dönemi boyunca mevsimsel ve yıllık ölçeklerde Türkiye üzerinde önemli bir ısınmayı, yağışlarda bölgesel olarak artış ve azalışları (+40 mm ile -60 mm arasında), kar yağış miktarlarında azalmayı işaret ettiği görülmektedir.

Dünyadaki kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı olması, suyu günden güne daha değerli hale getirmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı, bu durumun Türkiye için de farklı olmadığını göstermektedir. Bu durum içme-kullanma, sanayi ve tarım sektörlerinde kullanılacak suyun verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir.

1.2. Metodolojik Rehberin Amacı

Su verimliliği kavramı "bir ürünün veya hizmetin üretiminde en az miktarda su kullanımı" ya da "aynı miktarda su ile daha fazla ürünün ya da hizmetin üretilmesi" olarak tanımlanabilir (Vikers, 2002; EC, 2009; BSTB, 2013). Su verimliliği ve su tasarrufu kavramları çoğu zaman birbiri yerine kullanılıyor olmasına rağmen bu terimler kavramsal olarak farklılıklar içermektedir. Bu kavramları ayırtan en önemli nokta; su verimliliği kavramının *suyun kullanımının kısıtlanmasını değil önleyici ve kontrol tedbirleriyle israf edilmesinin önlenmesini* ifade etmesidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Proje kapsamında yer alan Teknik Rapor 0301. Su Verimliliği ve Fiyatlandırmasına İlişkin Mevcut Durum Raporunda özetlenen içme-kullanma suyu ve su fiyatlandırmasının karakterizasyonu ve tespiti yapıldıktan sonraki aşama, su kullanım verimliliğinin ve su fiyatlandırma uygulamalarının iyileştirilmesi için gerekli tedbirleri belirlemektir. **Tarım Sektörü Pilot Alanlara İlişkin Fizibilite Çalışmaları ve Eylem Planı** ile su verimliliğini iyileştirmeye yönelik önerilen tedbirler, bu tedbirlerin uygulanmasının tahmini maliyeti ve tümü için uygulama planı belirlenmiştir.

Daha önce sözü edilen rapordan elde edilen bulgular neticesinde *içme-kullanma suyu sektöründe su kullanımı verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik izlenecek yol ve uygulanacak yöntemleri özetlemek amacıyla bu rehber* geliştirilmiştir.

1.3. Rehberin İçeriği

Rehber, kuramsal çerçeve ve sektörel su kullanım verimliliği değerlendirmesi olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerde aşağıdaki hususlar ele alınmaktadır:

- **Kuramsal Çerçeve:** Tarım sektöründe su kullanımı verimliliği değerlendirilirken genel olarak kullanılan ana kavram ve kriterlere ilişkin kuramsal çerçeve kapsamında su verimliliğine dair kavramlar ve tanımlar, indeksler ve oranlar sunulmuş olup bu çerçevede su verimliliği değerlendirmesinin nasıl gerçekleştirileceğine dair bir yol haritası oluşturulmuştur.
- **Tarım Sektöründe Su Verimliliği:**
 - Mevcut Durum Değerlendirmesi
 - Sulama Verimliliğinin İyileştirilmesine Yönelik Tedbirler
 - Sulama Verimliliğine Etki Eden Uygulama Örnekleri



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

"Avrupa'nın Su Kaynaklarının Korunması Hakkında Kılavuz" (EC, 2012) olarak bilinen ve Komisyonun Avrupa Parlamentosuna, Konseye, Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesine ve Bölgeler Komitesine sunduğu belgede, **su verimliliği** ve hassasiyeti tedbirlerinin su kütlelerinin ekolojik ve kimyasal durumuna olumlu etkilerinin olmasının beklendiği, bu tedbirler alınmadığıdaysa olumsuz etkilerin beklendiği belirtilmektedir. Bu dökümanda su kullanım verimliliğini iyileştirmeye yönelik olarak, halihazırda su sıkıntısı çeken veya çekmesi beklenen nehir havzaları için birçok tedbir belirlenmiştir. Bu tür hedefler, su kullanan tüm temel sektörlerle yönelik ve su kütlelerinin iyi duruma ulaşmasını sağlama hedefi ile bağlantılı olmalıdır.

Bu amaçlar, su kullanımı ve tüketiminin olası artışını sınırlamak için **teşvik edici su fiyatlandırması** ile birlikte uygulanmalıdır. Hacim esaslı ölçüme dayalı su fiyatlandırması, su verimliliğini iyileştirmek için güçlü bir araç olup su kıtlığı ve su sıkıntısı problemlerinde azalma ile sonuçlanacaktır.

Yukarıdakiler ışığında, aşağıdaki bölümler, suyun kullanımıyla ilgili genel hususlar ile içme-kullanma suyu, sanayi ve tarım sektörlerinde su kullanım verimliliğinin değerlendirilmesinde yer alan temel kuramsal kavramları kapsayacaktır.

2.1. Tarım Sektörü

2.1.1. Su Verimliliği: Kavramlar ve Tanımlar

Tarım sektöründe su kullanım verimliliğinin analizini kolaylaştırmak için, su tedarik zincirinin temel bileşenleri için aşağıdaki yapı önerilmiştir:



Şekil 3. Sulama Suyu Tedarik Zinciri.

Su kullanım verimliliği bileşenlerin her biri için analiz edilecektir. Her bir bileşen için göz önünde bulundurulacak unsurlar şunlardır:

- **SU KAYNAĞI:** Su kaynağı bileşeni, su çekimini, terfi istasyonlarını ve (varsa) su deposu yapılarını içerecektir. Su kaynağı, yerüstü suyu (kaynak suları, nehirler, göller, barajlar vb.) veya yeraltı suyu (kuyular) olabilir. Sulama suyu, su kaynağından nihai kullanım noktalarına su iletimi bileşeni vasıtasıyla iletilecektir.
- **SU İLETİMİ:** Su iletimi bileşeni, sulama suyunu kaynağından nihai kullanım noktalarına, yani sulama alanına iletecek su iletim hatlarını içerecektir. Bu bileşende dikkate alınacak unsurlar şunlar olacaktır: kanallar veya boru hatları, terfi istasyonları ve su depoları.
- **SU DAĞITIMI:** Su dağıtımı bileşeni, su iletiminin son noktasından, nihai kullanıcılara bağlanmasına kadar (hidrantlar) dağıtım şebekelerine dahil olan tüm unsurları içerecektir. Bu unsurlar, kanallar, boru hatları ve bunların yardımcı bileşenleri, terfi istasyonları ve (eğer varsa) şebekede mevcut işletmede olan su depolarıdır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- **SULAMA SİSTEMİ:** Sulama suyunun su dağıtım şebekesi vasıtasıyla nihai kullanım noktalarına (hidrantlara) ulaşmasının ardından, bir sonraki bileşen suyu sulama alanı boyunca dağıtmaya yönelik tüm gerekli unsurları içerecek olan sulama sistemidir. Tipik unsurlar, kanallar veya yardımcı bileşenleri ile birlikte boru hatları, terfi istasyonları, sulama ekipmanı ve (eğer varsa) şebekede bulunan su depolarıdır.
- **DRENAJ SUYU:** Sulama parsellerinde kullanılan suyun fazlası bir deşarj noktasına iletilir. Neticede drenaj suyu sulama amaçlı olarak tekrar kullanılabilir ancak sıklıkla çözünmüş tuz içeriği bulunan drenaj suyu kalitesindeki problemlerden dolayı bu uygulama genelde pek yaygın değildir.

Aşağıdaki bölümlerde, su tedarik zincirinin sözü edilen bileşenlerinin her biri ve bunların her birinde su dengesini karakterize etmek için toplanması gereken değişkenler tanımlanmıştır. Tarımsal sulama sektörü için su verimliliği çalışmalarında yararlanılabilecek örnek veri toplama formu Ek-3'te yer almaktadır.

2.1.1.1. Su Kaynağı

Su Kaynağı bileşeni için, sistemin karakterizasyonuna yönelik Tablo 2'da yer alan değişkenler hakkında bilgi toplanmalıdır:

Tablo 2. Su Kaynağı için Karakterizasyon Verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ	
•	Su Kaynağının Yeri (Koordinatlar)
•	Kaynağın Çıkışı (Yerüstü/Yeraltı)
•	Kaynağın Türü (Kaynak Suyu, Nehir, Göl, Baraj, Kazılmış Kuyu, Sondajla Açılmış Kuyu, vs)
•	Su Çekim Yapısının Türü
•	İnşa Yılı
•	Altyapı sahibi
•	Yıllık Çekim (m ³ /yıl)
•	Yeraltı suyu ise: <ul style="list-style-type: none">○ Kuyudaki Pompa Sayısı○ Kurulu pompaların toplam gücü (Kw)○ Toplam pompa kapasitesi (l/s)○ Yıllık pompalanan toplam su (m³/yıl)
•	Su çekiminden sonra bir terfi istasyonu bulunuyorsa: <ul style="list-style-type: none">○ Pompa Sayısı○ Kurulu pompaların toplam gücü (Kw)○ Toplam pompa kapasitesi (l/s)○ Yıllık pompalanan toplam su (m³/yıl)
•	Eğer bir su deposu bulunuyorsa (baraj veya baraj gölü): <ul style="list-style-type: none">○ Su Deposunun Yeri (Koordinatları)○ Su Deposunun Türü (Baraj ve baraj gölü tipi).○ Kapasite (m³)○ Yükseklik (masl)○ İnşa Yılı○ Altyapı sahibi.○ Su deposundan hizmete sunulan toplam su hacmi (m³/yıl)○ Su deposundaki tahmini kayıplar (m³/yıl veya %)



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

2.1.1.2. Su İletimi

Su İletimi bileşenin karakterizasyonu için, Tablo 3'deki değişkenlere ilişkin bilgi toplanmalıdır:

Tablo 3. Su İletimi için Karakterizasyon Verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• İsale hattının başlangıç noktasının konumu (koordinatları)
• İsale hattının son noktasının konumu (koordinatları)
• İşletim türü (cazibe veya terfi)
• Eğer bir kanal ise: <ul style="list-style-type: none">○ Kanal türü (toprak veya beton)○ Kanal ebatları (taban bölümü- üst- yükseklik ve genişlik)○ Kanal uzunluğu (Km)
• Eğer boru hattıysa: <ul style="list-style-type: none">○ Boru tipi (materyal)○ Boru çapı (mm)○ Boru uzunluğu (Km)
• İnşa Yılı
• Altyapı sahibi
• Başlangıç noktasında yıllık giriş hacmi (m ³ /yıl)
• Son noktada yıllık çıkış hacmi (m ³ /yıl)
• İsale hattındaki tahmini kayıplar (m ³ /yıl veya %)
• Terfi istasyonları hakkında bilgi (daha önceki bölümlerde olduğu gibi)
• Su depolarına ilişkin bilgiler (önceki bölümlerde olduğu gibi).

2.1.1.3. Su Dağıtımı

Su dağıtımı bileşeni için, Tablo 4'de yer alan değişkenlere ilişkin bilgi toplanmalıdır:

Tablo 4. Su Dağıtımı için Karakterizasyon Verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Altyapı Türü (Kanal veya Boru)
• İşletim türü (cazibe veya terfi)
• Eğer kanalsa: <ul style="list-style-type: none">○ Kanal türü (toprak veya beton)○ Kanal ebatları (taban bölümü- üst- yükseklik ve genişlik)○ Kanal uzunluğu (Km)
• Eğer boru hattıysa: <ul style="list-style-type: none">○ Boru tipi (materyal)○ Boru çapı (mm)○ Boru uzunluğu (Km)
• İnşa Yılı
• Altyapı sahibi
• Dağıtım şebekesinin başlangıcındaki yıllık giriş hacmi (m ³ /yıl)



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Sulama alanlarına iletilen yıllık su hacmi (m ³ /yıl)
• Dağıtım şebekesindeki tahmini kayıplar (m ³ /yıl veya %)
• Eğer varsa terfi istasyonları hakkında bilgi (daha önceki bölümlerde olduğu gibi)
• Eğer varsa, su depolarına ilişkin bilgiler (önceki bölümlerde olduğu gibi).

2.1.1.4. Sulama Sistemi

Sulama sistemi bileşeni için, Tablo 5’da yer alan değişkenlere ilişkin bilgi toplanmalıdır:

Tablo 5. Sulama Sistemi İçin Karakterizasyon Verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Brüt sulama alanı (ha)
• Net sulama alanı (ha)
• Gerçek sulama alanı (ha)
• Sulama türü (salma, yağmurlama, merkez pivot, yanal hareketli, alttan sulama, damla sulama vs.)
• Her bir sulama türünün alanı (ha)
• İşletim tipi (cazibeli veya pompaj)
• İnşa yılı
• Altyapı sahibi
• Sulama birliği üye sayısı
• Parsel sayısı
• Toplam sulama hacmi (m ³ /ha.yıl)
• Eğer varsa terfi istasyonları hakkında bilgi
• Yetiştirilen ürünlerin listesi
• Her bir ürünün alanı (ha)
• Ürün verimi (kg/ha)
• Her bir ürün türünde kullanılan sulama sistemi
• Her üründe mevsim başına sulama uygulamalarının sayısı
• Sulama başına su hacmi
• Her bir ürün için kullanılan sulama suyu hacmi (m ³ /ha.yıl)

2.1.1.5. Drenaj Suyu

Sulama alanlarındaki drenaj suyu miktarı genellikle ölçülmemektedir. Drenaj suyunun ölçülmesiyle sulamada kullanılan su fazlalığı görülebilir ve bu durum su kullanım verimliliği için önemlidir. Bu konuya ilişkin diğer bir husus da, çok yaygın bir uygulama olmamasına rağmen sulama alanlarında drenaj suyunun tekrar kullanılmasıdır. Dünya çapında yeniden kullanılan sulama suyuna ilişkin örnekler mevcuttur. Bu iki hususu kapsamak için, Tablo 6’de yer alan değişkenler ile ilgili bilgi toplanmalıdır:

Tablo 6. Drenaj Suyu İçin Karakterizasyon Verileri

KARAKTERİZASYON VERİLERİ
• Drenaj şebekesinin toplam uzunluğu (km)



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

KARAKTERİZASYON VERİLERİ

- Ortalama yıllık drenaj suyu (m³/yıl)
- Eğer varsa, sulama için yeniden kullanılan drenaj suyu hacmi (m³/yıl)

2.1.2. Tarım Sektöründe Su Verimliliği Değerlendirmesi

Daha önce belirtilen tüm verileri topladıktan sonra, su tedarik zincirinin tüm bileşenlerinin eksiksiz bir şekilde karakterizasyonunu yapmak mümkündür. Bir sonraki adım, analiz edilen sistemin mevcut durumunun değerlendirilmesi veya başka bir deyişle sulama alanının tespitidir. Tespit aşaması, sulama alanında mevcut su verimliliğinin değerlendirilmesi, sızıntıların, kayıpların ve diğer aksaklıkların öngörülmesi, sistemdeki sorunların ve olasılıkların belirtilmesidir. Bu tespit, önleyici ve/veya düzeltici faaliyetlerin hangi yönlerde uygulanması gerektiğini açıkça belirleyecektir.

Daha önce belirtildiği gibi, su tedarik zinciri boyunca su verimliliğinin değerlendirilmesi, zinciri oluşturan bileşenlerin her birinin verimliliği analiz edilerek gerçekleştirilecektir. Bu yüzden toplam verimlilik, her bir bileşen için verimliliğe ilişkin bilgilerin toplanması ile bulunacaktır.

Sulama alanlarındaki su verimliliğini değerlendirmek için genellikle iki temel oran kullanılmaktadır:

- **İletim Randımanı (Ec) (%)**: su isale hattı ile sulama alanına ulaştırılan su hacminin (m³/yıl), isale hattının başında ölçülen toplam su hacmine (m³/yıl) bölünmesiyle elde edilir. İletim randımanı, bir kanaldan veya kanal sisteminden kanala yönlendirilen su ile ilgilidir (fazla olan kısım, su yüzeyinden taşma, sızıntı ve buharlaşma olarak gitmektedir). Bu oran, dikkate alınan sulama alanının isale hattı randımanına dair fikir vermektedir. Hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Ec (\%) = \frac{V_p}{V_s} \times 100$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

V_p, sulama parsellerine iletilen su hacmini,

V_s ise, suyun temin edildiği kaynaktan yönlendirilen hacmi ifade etmektedir.

- **Tarla-içi uygulama randımanı (Ef) (%)**: Evapotranspirasyon süreci boyunca bitkiler tarafından kullanılan su hacminin (m³/yıl), sulama alanına ulaşan hacme (m³/yıl) bölünmesinin sonucudur. Tarla-içi uygulama randımanı, bitkinin kök kısmına verilen su ve tarlaya verilen toplam su ile ilgilidir (fazlalık genellikle toprağa sızar, kök kısmının altına süzülür veya ıslak toprak yüzeyinden buharlaşır). Hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Ef (\%) = \frac{V_e}{V_p} \times 100$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

V_e, evapotranspirasyon süreci boyunca bitkiler tarafından kullanılan su hacmini,

V_p ise, sulama parseline ulaşan hacmi ifade etmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Sulama Randımanı (IE) (%) : Toplam bitki sulama suyu ihtiyacının, su kaynağından şebekeye alınan su miktarına oranını ifade etmektedir.

$$IE (\%) = \frac{PWD}{SIV} \times 100$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

PWD, Toplam bitki sulama suyu ihtiyacı (m³/yıl)

SIV, su kaynağından şebekeye alınan su miktarı (m³/yıl)

Teknik literatürde², gerekli bilgilerin mevcut olması halinde **hesaplanması yararlı olabilecek** diğer randıman oranlarından bahsedilmektedir. Bunlardan bazıları şunlardır:

- **Sulama Suyu Kullanım Randımanı (Wue) (Kg/ha ve mm)**: sulanan ürünün verimliliğinin (kg/ha), dikkate alınan ürünün evapotranspirasyonuna (tohumdan hasada) oranının sonucudur (mm). Dikkate alınan ürün tarafından kullanılan suyun teorik verimliliği hakkında fikir verir. Hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Wue \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \cdot \text{mm} \right) = \frac{Y_i}{ET}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

Y_i, sulanan bitki verimini,

ET ise, tohumdan hasata kadar olan gerçek evapotranspirasyonu ifade etmektedir.

- **Su Verimliliği (Wp) (Kg/m³)**: sulanan ürünün veriminin (kg/ha) kullanılan gerçek sulama suyuna (m³/ha) oranlanmasıyla elde edilir. Bu oran, belirli bir sulanan ürün için sulama suyunun verimlilik kapasitesini hesaplar. Hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$Wp \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{C_p}{W_u}$$

Bu formüldeki kısaltmalar aşağıdakileri ifade etmektedir:

C_p, mahsul üretimini (kg/ha),

W_u ise, su kullanımını ifade etmektedir (m³/ha).

Su kullanım verimliliğinin değerlendirmesi yapıldığında, bir sonraki adım gelecekte beklenen gelişmelerin tanımlanması ya da başka bir deyişle ulaşılabilecek hedeflerin tespit edilmesi ve bu hedeflere ulaşmak için öncelikle uygulanacak önlemlerin belirlenmesidir. Buna yönelik genel yaklaşım, zaman içerisinde verimlilik artışını izlemeye yardımcı olacak **Anahtar Performans Göstergelerinin belirlenmesidir (APG)**. APG değer belirlenirken mevcut durumdaki değer hesaplanmasından başlanmalı, uluslararası en iyi teknoloji ve uygulamaları benimseyerek elde edilecek ilgili kriterleri kullanarak hedeflenen değerlerin ne olacağı konusunda karar verilmelidir. Kullanılacak bazı tipik APG'ler şunlardır:

- **Su üretimi ve iletim performansına ilişkin APG**

² Maher ve ark. (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü). (2020). *Küçük ölçekli tarımda ürün su verimliliğini iyileştirmeye yönelik saha kılavuzu*.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- ÇEKİM PERFORMANSI (%): İsale hattının başlangıcındaki su hacminin, kaynaktan çekilen su hacmine oranı (x100).
- İLETİM PERFORMANSI (%): Sulama için yönlendirilen suyun, isale hattının başındaki su hacmine oranı (x100).
- ALTYAPI UZUNLUĞU BAŞINA SU KAYIPLARI (m³/Km): Su kaybı hacminin isale hattının (kanallar veya borular) uzunluğuna oranı.
- SULAMA ALANI BAŞINA SU KAYIPLARI (m³/ha): Su kaybı miktarının, hizmet verilen sulama alanının yüzeyine oranı.
- **Sulama ve tarımsal performansa ilişkin APG (her bir ürün için)**
 - ÜRÜN TALEPLERİ (m³/ha): Her bir ürün için kullanılan su miktarının, dikkate alınan ürünün yüzey alanına oranı.
 - SULAMA SİSTEMİ PERFORMANSI (salma, yağmurlama ve damla sulama sistemleri için) (%): Dikkate alınan ürünün evapotranspirasyonunun, dikkate alınan sistemle sulama için kullanılan hacim (x100).
 - UYGULAMA PERFORMANSI (%): Dikkate alınan ürünün evapotranspirasyonunun, dikkate alınan ürünün sulanması için ayrılan su hacmine oranı (x100).
 - ÜRÜN VERİMİ PERFORMANSI (m³/kg): Dikkate alınan ürünün sulanması için ayrılan su hacminin (m³/ha) ürün verimine oranı (kg/ha).

SU KULLANIM PERFORMANSI (kg/m³): (Sulanan ürünün verimi - Sulanmayan ürünün verimi) dikkate alınan ürünün sulanması için ayrılan su hacmine oranı.

3. TARIM SEKTÖRÜ

Tüm dünyadaki temiz suyun büyük bir çoğunluğu tarımsal alanlarda sulama amacıyla kullanılmaktadır. Bu durum, tarım sektörü genelinde yapılacak iyileştirmelerle sağlanacak verim artışının ne denli önemli olduğunun bir göstergesidir.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, 2030 yılına kadar açlık ve yetersiz beslenmenin her biçimini sona erdirmeyi, başta çocuklar olmak üzere tüm insanların yıl boyunca yeterli besine sahip olmasını hedeflemektedir. Bu amaçla özellikle başta tarımsal üretimde ihtiyaç duyulan verimlilik artışının sağlanması için altyapı ve teknolojiye yatırım yapılması gerekmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).

2050 yılına kadar, tarımsal faaliyetler küresel olarak % 60 ve gelişmekte olan ülkelerde %100 daha fazla gıda üretme zorunluluğundadır. Küresel tarımsal su ihtiyacının mevcut büyüme oranları sürdürülemez olduğundan, su kayıplarının azaltılması ve en önemlisi suyla ilişkili olarak ürün veriminin artırılması yoluyla, tarım sektörünün su kullanım verimliliğinin yükseltilmesi gerekmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).

Türkiye'nin yüz ölçümü yaklaşık 78 milyon hektar olup Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan havza master plan çalışmalarına göre DSİ proje sahalarında sulanabilir arazi miktarı (1+2+3+4+5. sınıf) 9,1 Mha'dır. DSİ proje sahaları dışında kalan Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) il envanter raporlarında verilen haritalardaki verilerin DSİ standartlarına çevrilmesi ile belirlenen 16,8 Mha sulanabilir tarım arazisi ile birlikte toplam sulanabilir tarım arazisi 25,9 Mha olarak tespit edilmiştir. Mevcutta kabul edilen ekonomik olarak sulanabilir arazi varlığı değeri olan 8,5 Mha rakamının gelişen ekonomik ve teknolojik şartlar dikkate alındığında artan bir eğilim göstereceği değerlendirilmektedir. Halihazırda brüt



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

6,60 Mha alan için sulama alt yapısı sağlanmış, geriye kalan 1.90 Mha için de çalışmalar devam etmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).

Türkiye'de işletmeye açılan toplam sulama alanlarının %66'sını DSİ Genel Müdürlüğü (4,31 Mha) tarafından tesis edilen sulamalar, %20'sini mülga Toprak-Su ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün sulamaları (1,29 Mha) ve %14'ünü Halk Sulamaları (0,89 Mha) oluşturmaktadır (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).

Türkiye'nin su potansiyeli ve sulamalarda kullanılan miktarı gösteren bilgiler Tablo 7'de verilmiştir (DSİ)³.

Tablo 7. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Tarımsal Kullanımı. Kaynak: DSİ (2020).

Yıllık yağış miktarı	450 milyar m ³
Toplam kullanılabilir su miktarı	112 milyar m ³
Toplam kullanılan su miktarı	57 milyar m ³ (% 100)
Sulamalarda kullanılan su miktarı	44 milyar m ³ (% 77)

2019 yılı itibarıyla DSİ tarafından inşa edilerek işletmeye açılan tarım alanlarının %72'si açık, %28'i ise kapalı borulu sistemlerden oluşmaktadır. İnşa halindeki projelerin ise %6'sı açık, %94'ü ise kapalı borulu sistemdir. İzleme ve değerlendirme sonuçlarına göre işletmedeki tesislerde %62 yüzeysel, %21 yağmurlama, %17 damla sulama yöntemi kullanılmaktadır. Günümüzde inşa edilen sulama şebekelerinin neredeyse tamamı kapalı boru sistemi olarak inşa edilmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019). Türkiye'de hala yüksek oranda uygulanan geleneksel sulama yöntemleri nedeniyle sulamalardaki verimler çok düşük değerdedir. Etkin kullanılmayan su kaynakları hem sulama verimini düşürmekte, hem de çevresel etki anlamında olumsuzluk yaratmaktadır.

Bu anlamda modern sulama teknikleri sayesinde, basınçlı sulama sistemleri ve tarla içi yağmurlama/damla sulama yöntemleri, suyun en etkin şekilde kullanılmasına ve ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır.

On Birinci Kalkınma Planı'nda (2019-2023)⁴ tarım, öncelikli gelişme alanları başlığı altında değerlendirilmiştir. "Çevresel, sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir, ülke insanının yeterli ve dengeli beslenmesinin yanı sıra arz talep dengesini gözetilen üretim yapısıyla uluslararası rekabet gücünü artırmış, ileri teknolojiye dayalı, altyapı sorunlarını çözmüş, örgütlülüğü ve verimliliği yüksek, etkin bir tarım sektörünün oluşturulması temel amaçtır" ifadesiyle de kalkınma planındaki temel amaç ifade edilmiştir.

On Birinci Kalkınma Planı'nda tarım sektöründe varılmak istenen hedefler tablo 33 ile verilmiştir.

³ Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (Erişim tarihi: Şubat 2020). *Toprak ve Su Kaynakları*. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.

⁴ On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Erişim tarihi: Ekim 2020. Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Tablo 8. Tarım Sulama Hedefleri (On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023))

	2018	2023
Arazi Topulaştırma Faaliyet Alanı (Milyon Hektar, Kümülatif)¹	8,2	8,5
Tescil İşlemleri Tamamlanan Arazi Topulaştırma Alanı (Milyon Hektar, Kümülatif)¹	3,6	6,2
Sulamaya Açılan Net Tarımsal Alan (Milyon Hektar, Kümülatif)¹	3,34	5,34
Tarla İçi Basınçlı Sulama Sistemi Kurulan Alan (Bin Hektar, Yıllık)	40	200
Sulama Oranı (%)	64	68
Merkezi Yönetim Bütçesinden Yapılan Tarımsal Desteklerin Tarımsal Katma Değere Oranı (%)	6,8	7,2
Yağlı Tohum Üretimi (Milyon Ton)	4,02	5,40
Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Üretim Miktarı (Bin Ton)	700	1.200
Sığır Varlığı İçinde Kültür İrki Oranı (%)	49	56
Kırmızı Et Üretim Miktarı (Milyon Ton)	1,12	1,70
Mera Islah ve Amenajman Alanı (Bin Hektar, Kümülatif)	68	518
Orman Alanlarının Ülke Yüzölçümüne Oranı (%)	29	30

Kaynak: 2018 yılı verileri Tarım ve Orman Bakanlığı ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Orman Genel Müdürlüğüne aittir. 2023 yılı verileri On Birinci Kalkınma Planı tahminleridir.

(1) Tarım ve Orman Bakanlığı ve DSİ faaliyetleri esas alınmıştır.

“Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik” (16.02.2017, R.G. 29981); sulama suyu temininde, iletiminde, dağıtımında, mevcut şebekelerin yenilenmesinde ve kullanımında verimliliğin artırılması, su tasarrufunun sağlanması ile su kayıplarının azaltılmasına ve izinsiz kullanımların önlenmesine ilişkin usul ve esasları kapsar. Yönetmelik ile, yürürlük tarihinden itibaren yedi yıl içerisinde sulama randımanının %55 seviyesine yükseltilmesi için sorumlu kurumların gerekli tedbirleri alması gerektiği hüküm altına alınmıştır. Uygulanacak tedbirlerin amacı da sulama verimliliğinin ve randımanının artırılmasıdır.

Tarım sektöründe su kullanım verimliliğini iyileştirmeye yönelik herhangi bir Eylem Planı, şu tedbirleri içermelidir⁵;

- İletim ve dağıtım hatlarındaki yüksek su kayıplarının azaltılmasına yönelik tedbirler: Kapalı sistemlerin inşa edilmesi/ mevcut sulama altyapılarının yenilenmesi/modernizasyonu.”
- Tarla içi uygulama sistemlerindeki su kullanım verimliliğini iyileştirmeye yönelik tedbirler: Şebekenin parsel iletim hatları ile tarla başına kadar uzatılması ve tarla içinde yağmurlama-damla sulama altyapısının oluşturulması.
- Su yönetimine ilişkin tedbirler: Otomasyon ve Telekontrol Sistemlerinin (SCADA) Uygulanması.
- Diğer tamamlayıcı tedbirler: Çiftçi kapasitelerinin geliştirilmesi, suyun fiyatlandırılmasına yönelik tedbirler ve sulama yönetimine yönelik tedbirler.

Metodolojik Rehber kapsamında, tarımsal sulama verimliliğini etkileyen sebeplerin anlaşılması için, tarımsal sulamanın genel karakteristiklerinin belirlenmesi gereklidir.

⁵ Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). A3.5.3. *TARIMSAL PİLOT ALAN (AFYONKARAHİSAR ÇAY EBER) FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi.*



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

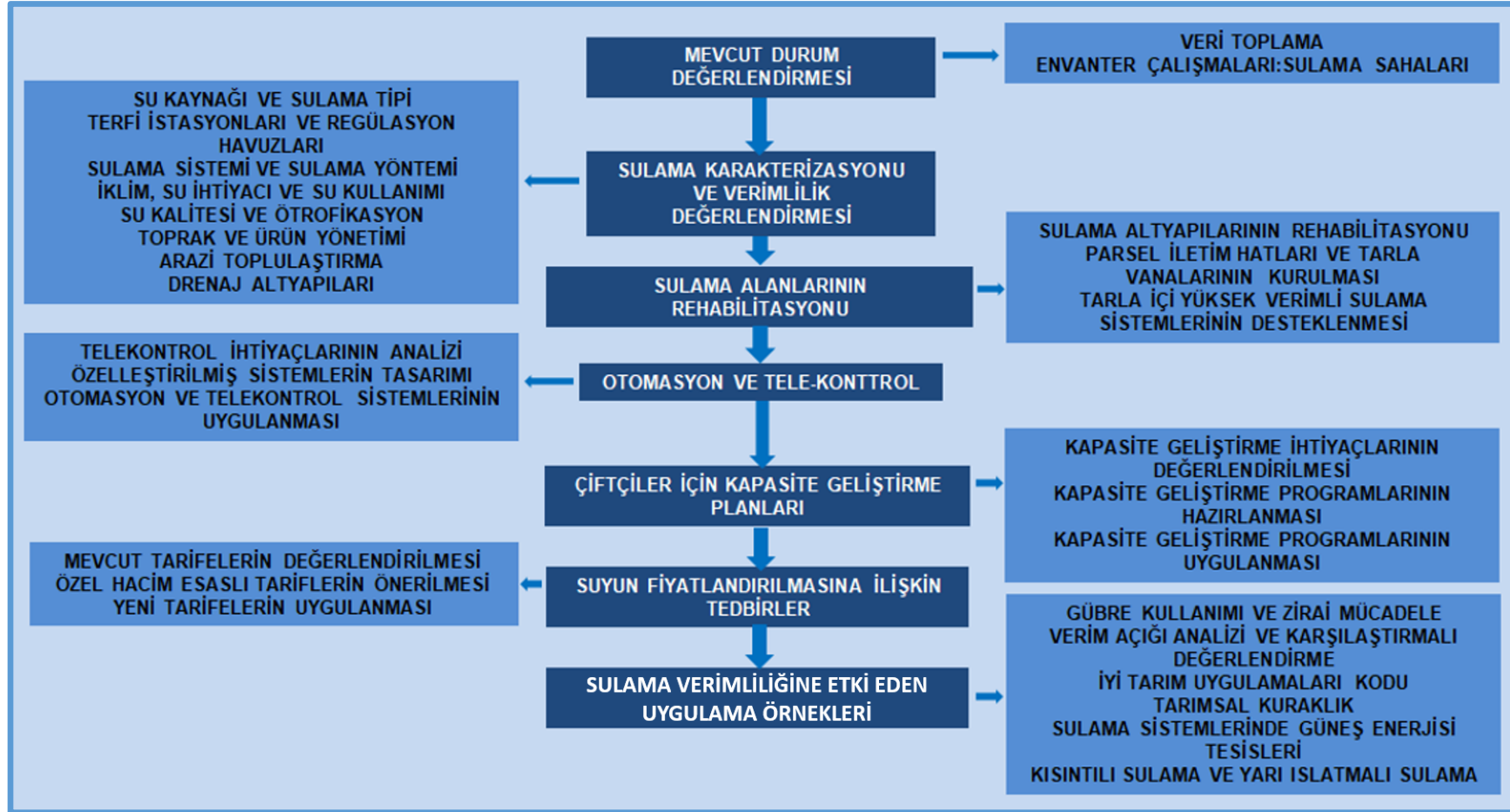
**3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
alışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER**

Tarımsal retimde verimlilik artışıının en önemli unsurlarından su kaynaklarının geliştirilmesi ve sulu tarım alanlarının etkin kullanımı, gıda arzı noktasında da önem arz etmektedir. Nüfus artışıına bağlı olarak yaşanacak darboğazlar ve iklim değişiminin neden olacağı baskılar birim alanda su kaynaklarının daha verimli kullanımını zorunlu kılmaktadır. Özellikle istenilen miktar ve kalitedeki suyun istenilen zaman ve mekanda sağlanması için gerekli altyapının ve teknolojinin oluşturulması, sektörel bazda tahsisi, kullanım sonrası iyileştirilmesi, yeniden kullanımı, çevrenin korunması, sosyal adaletin sağlanması, ekonomik kalkınmayı desteklemesi ve uluslararası hukuka uygun olarak işletilmesi gerekmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 4. Tarım Sektöründe Verimlilik Değerlendirmesinin Aşamaları.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Planlama aşamasına geçilmeden önce mevcut durumun detaylı analizi yapılmalıdır. Mevcut durum tespitinde faydalanılabilecek veri toplama formu, rapor eklerinde (Bkz. Ek-3) yer almaktadır. Aşağıdaki bölümlerde.

3.1. Mevcut Durum Değerlendirmesi

Mevcut durumun değerlendirilebilmesi için yapılacak envanter çalışmalarında tüm sulamalar için ihtiyaç duyulan bilgiler bir araya getirilmelidir. Bu envanterlerde, konum, yüzey alanı, sulama sistemi, sulama oranı, bitki deseni, su kaynağı (yerüstü veya yeraltı), su ihtiyacı, sulama randımanları, işletme durumu, işletme tarihi, işleten kurum, iletim ve sulama teknikleri, tarla içi uygulama yöntemleri gibi bilgilere yer verilir.

Sulama Konumu ve İşletme Bilgileri

Envanter çalışmalarında her bir sulama sahasının il, ilçe, köy, sulama adı, su kaynağı, yatırımcı kurum, işletme durumu, işletmeci ve işletme tesis tarihi gibi katalog bilgileridir.

Sulama Alanı ve Oranı

Envanter çalışmalarında her bir sulama sahasının mevcut ve gelecekte sulama alanı ve mevcut sulama oranı bilgilerini içermektedir. Sulama oranı bilgilerinin doğru tespit edilebilmesi için anket ya da gözlem çalışması yapılmalıdır.

Sulama Sistemi ve Sulama Yöntemi

Envanter çalışmalarında her bir sulama sahasının mevcut ve gelecekte sulama sistemleri ve sulama yöntemleri bilgilerini içermektedir. Bazı bilgiler sulamaya özel tespit edilebilmekle beraber bazı bilgiler ilçe/köy bazında olabilir. Sahada salma sulama yapılan alanın oranı da bu kapsamda belirlenir.

Sulama Randımanları

Envanter çalışmalarında her bir sulama sahasının mevcut ve gelecekte iletim ve çiftlik randımanı bilgilerini içermektedir. Bu değerlerle her bir sulama alanı için sulama randımanı değerini hesaplanabilir (Sulama Randımanı = İletim Randımanı x Çiftlik Randımanı).

Bitki Deseni ve Su İhtiyaçları

Mevcut durum çalışmalarına ilişkin envanter çalışmalarında her bir sulama sahasının mevcut ve rehabilitasyon sonrası durumda bitki deseni ve toplam su ihtiyacı bilgileri belirlenmelidir. Mevcut (projesiz) ve projeli durumdaki bitki desenleri kullanılarak yapılacak tarımsal ekonomi çalışmaları ile çiftçi gelirlerindeki artış hesaplanabilir. Projeli durumda birim kazancı yüksek bitki deseni seçilmesinin yanı sıra mevcut bitkiler daha verimli sulanacak ve çiftçi gelirinde artış olacaktır.

Envanterlerin tamamlanmasında kullanılabilecek belli başlı bilgi kaynakları şunlardır:

- Master Planlar: hidroloji, hidrojeoloji, tarımsal ekonomi, su kullanımları ve su yapılarının envanteri gibi bölümlerde yer alan bilgiler için,



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- İÖİ'ler ve büyükşehir belediyeleri tarafından sunulan envanterler,
- Tarım Reformu Genel Müdürlüğü'nün (TRGM) ve mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün (KHGM) Ulusal Sulama Envanteri,
- DSİ Bölge Müdürlüklerinin web siteleri,
- DSİ tarafından sunulan sulama projelerinin (hem yerüstü hem yeraltı) CBS veri setleri,
- Yatırımı ve işletmesi DSİ tarafından yapılan büyük ölçekli sulama tesislerinin yıllık istatistikleri,
- Projeler kapsamında yapılan anketlerle elde edilen veriler,
- TÜİK tarafından sunulan veriler ve web sitelerinde yer alan bilgiler,
- "Sorumlu Tarım Arazilerinin Tespiti ve İyileştirilmesi Projesi (STATIP)" ne ait CBS veri setleri.

Her bir proje için hazırlanan proje envanteri ile proje kapsamındaki sulama alanlarına ait farklı türdeki birçok bilginin bir araya getirilmesi sağlanır. Proje alanının adı, konumu, işletmecisi, işletme durumu, gibi katalog bilgilerinin yanı sıra, sulama oranı, bitki deseni, sulama randımanı gibi zirai altyapıya sahip, sulama alanı, sulama sistemi, sulama yöntemi gibi hidrolojik altyapıya sahip, işletme tesis tarihi, işletmeye açan kurum, iletim ve sulama teknikleri, tarla içi uygulama yöntemleri gibi altyapıyı ilgilendiren birçok bilgiye yer verilir. Envanter bilgileri, sadece güncel değil aynı zamanda, özellikle master planlar gibi geleceğe yönelik çalışmaların yapıldığı raporlardan alınan bilgileri de içermektedir. Envanter çalışmaları kapsamında toplanması gerekli olan ve sulama verimliliğini etkileyen faktörler ile sulama karakteristik bilgileriyle olan ilişkisi alt başlıklarla detaylandırılmaktadır. Her bir başlıkta, bu faktörlere ilişkin karakteristik özellikler ve sulama verimliliğine etkileri aktarılmıştır.

3.1.1. Su Kaynağı ve Sulama Tipi

Tarıma elverişli bir sahada sulama projesi gerçekleştirebilmek için en önemli kriter ulaşılabılır bir su kaynağıdır. Su kaynağının durumu (yeraltı ve yerüstü) ve suyun sulama sahasına ulaştırılabilme şartları sulama projesinin rantabilitesini etkilemektedir. Uygun arazi ve jeolojik şartların sağlanması durumunda regülasyonlu su kaynakları (baraj, gölet vb.) tercih edilmelidir. Suyun regüle edilebilmesi aynı su kaynağından daha fazla alanın sulanmasını sağlamaktadır. Su kaynağının sulama sahasına mesafesi de proje rantabilitesi için önemli bir etkidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 5. Sulama Amaçlı Banaz Kızılcaşöğüt Göleti.

Sulanacak sahanın kotu ile suyun kaynağından alındığı kot, sulama tipini belirlemektedir. Su kaynağı kotundan daha yüksek kotlardaki sahanların sulanabilmesi için suyun pompa yardımıyla üst kotlara terfi edilmesi gerekmektedir. Bu tip sulamalara pompajlı sulama denilmektedir. Suyun kaynağından alınarak doğrudan sulama sahasına ulaştırılmasıyla gerçekleşen sulamalar ise cazibeli sulama olarak isimlendirilmektedir. İşletme kolaylığı ve pompajlı sulamanın çiftçiye getirdiğı ek enerji maliyeti sebebiyle cazibeli sulamalar tercih edilmelidir. Aynı sulama sahası içinde hem pompajlı hem cazibeli sulanan alanlar olabilir.

Yeraltı suyu (YAS) kuyuları kullanılarak yapılan sulamalar pompajlı sulamalardır. Yeterli miktarda yerüstü su kaynağı olmayan bölgelerde tercih edilmektedir. YAS kuyularından alınan suların uygun kotta imal edilecek bir regülasyon havuzuna basılmasıyla, su regüle edilerek daha fazla alanın sulanması sağlanabilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 6. Afyonkarahisar Çay Eber Yeraltı Su Kuyusu Koruma Odası. Kaynak: SYGM (2020).

3.1.2. Terfi İstasyonu, Cebri Boru ve Regülasyon Havuzu

Pompajlı sulama, su kaynağından daha üst kotlarda sulama yapılabilmesi için suyun daha üst kotlara terfi ettirilmesiyle yapılan veya basınçlı sulama sistemlerinde gerekli basınçla sulama suyunun temin edilmesi için yapılan sulama tipidir. Terfi istasyonları, suyu doğrudan kaynağından sulama parsellerine pompalayabilir, ancak mevcut suyun gerekli sulama akışıyla depolanması ve düzenlenmesi için genellikle regülasyon havuzları kullanılmaktadır. Hem terfi istasyonları hem de su depoları, Bölüm **Error! Reference source not found.**'de ele alınmış olup bu altyapıların sulama alanlarına uygulanmasına ilişkin kısa tanımlar aşağıda sunulmuőtur.

Terfi İstasyonu :

Suyu daha üst kotlara terfi ettirebilen bir dizi pompadan oluşan üstü kapalı ya da açık yapılardır. Basılacak suyun debisi ve basılacak yükseklik pompaların ve elektrik motorların seçiminde etkindir. Sulama uygulamalarında terfi istasyonunun yapması gereken iki ana eylem vardır: (i) basınç artırma veya (ii) pompa emiş yüksekliği. Normalde bu uygulamalar için kullanılan dört pompa tipi; yatay santrifüjlü, dalgıç, dikey türbinli ve dikey çok kademeli pompalardır.

Mevcut basınç, sulama sistemi için yeterli olmadığında sulama şebekesindeki basıncı artırmak (yükseltmek) için hidroforlar kullanılır. Sık kullanılan iki pompa tipi, yatay santrifüjlü ve dikey çok kademeli pompalardır. Pompa seçimi, üç temel faktöre göre yapılmaktadır: ulaşılması gereken verimlilik, ulaőılacađı öngörölen verimlilik ve pompalanan suyun kalitesi. Dikey çok kademeli pompalar, temiz suyun (büyük katı maddeler veya debris içermeyen) ele alınması ve yüksek basınçların yönetilmesi için tasarlanırken yatay



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

santrifüjlü pompaların daha düşük bir maksimum basınç aralığı bulunmakta ve bunlar kirli suyu ele almaktadır.

Pompa emiş yüksekliği uygulamalarında sistemde gelen basınç yoktur, bunun yerine sistem, göl, nehir, birikinti çukuru gibi bir su kaynağından su çekmektedir. Bu uygulamalarda genellikle yatay santrifüjlü pompalar ve dikey türbinli pompalar kullanılmaktadır. Yatay santrifüjlerin iç parçalarına kolayca ulaşılabilirdiği için kurulumları ve muhafaza edilmeleri daha kolaydır. Dikey türbinli pompalar ile dalgıç pompalara ulaşmak ise, suyun derininde konumlandırıldıkları için zordur. Fakat öte yandan, suyu pompa girişine kaldırmak için bir vakum oluşturmalarına gerek yoktur.



Şekil 7. Suruç Pompa İstasyonu.

Regülasyon Havuzları:

Havuzlar genellikle sulama alanları için çok önemli su depolama yapıları olabilecek küçük depolardır. Farklı ihtiyaçları karşılamak için kullanılabilirler:

- Kaynak, kuyu veya diğer kaptaj altyapıları gibi düşük debili kaynaklardan su toplamak ve gerektiğinde bu suyu yüksek debiyle verimli bir şekilde kullanabilmek,
- Gece mevcut olan su kaynaklarının gece depolanmasını sağlamak,
- Kritik ihtiyaç dönemlerinde kullanmak üzere yağmurlu dönemlerde su depolamak,
- Sulama debisini ve kaynak debisini düzenlemek.

Havuz için bir saha belirlenirken su temin edilecek yerin konumu, suyun mevcudiyeti, topraklar, sahanın topoğrafyası gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Normalde dere, gölet, körfez gibi yerlere veya şiddetli yağışların yüksek debilere neden olarak olarak barajdaki suyu alıp götürceği yerlere havuzlar ya da küçük depolar inşa edilmemelidir. Küçük, akışta olmayan havuzların ve depoların genellikle şiddetli yağmur akışını ele almasına gerek yoktur.

Cebri Boru tarafından üst kotlara taşınan su, regülasyon havuzuna alınarak, buradan çıkacak borulu hatlarla üst kotların sulanması sağlanır. Suyun regülasyon havuzunda atmosfere açılması, pompalara ve sulama yapacak hatlara işletme kolaylığı sağladığı için tercih edilir. Regülasyon amacı olmayan durumlarda basma havuzu ifadesi de kullanılır. Bazı durumlarda 1 terfi istasyonuna hizmet ederken, bazı durumlarda birden fazla (özellikle yeraltı suyu sulamalarında) terfi istasyonuna (YAS Pompası) hizmet etmektedir. Birden fazla pompa tarafından basılan suların, havuzdan taşmayacak ya da sulama hattına yetecek şekilde işletilmesini sağlar.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

YAS kuyuları ile yapılan sulamalarda regülasyon havuzu, sulama sahalarının tek bir noktadan sulanmasının yanı sıra, suyun regüle edilerek daha fazla alanın sulanmasını da sağlar.



Şekil 8. YAS Sulamasında Terfi İstasyonu – Regülasyon Havuzu Kullanımı. Kaynak: SYGM (2020).

Bazı sulama senaryolarında, pompa çalışma süreleri, sulama süresinden fazla tutularak, fazla basılan suyun depolanarak, daha fazla alanın sulanması sağlanabilmektedir. Gece pompa enerji maliyetinin daha düşük olması sebebiyle gece depolaması adıyla yapılan, sulamanın olmadığı saatlerde pompaların çalıştırılması ve fazladan basılan suyun sulama süresi başlangıcına kadar depolanması prensibine dayanan senaryolarda da büyük hacimli regülasyon havuzuna ihtiyaç duyulmaktadır.

Pompajlı sulama tipi, çiftçiye yansıyan yüksek işletme maliyetleri sebebiyle tercih edilmezler. Ancak uygun su kaynağı olmayan ve tarıma elverişli büyük sahalarda, sulamanın çiftçiye getirdiği ek gelir artışı dikkate alınarak tercih edilebilirler.

3.1.3. Sulama Sistemi ve Sulama Yöntemi

Sulama sistemi, su kaynağından ve sulama tipinden bağımsızdır. Sulama sisteminin açık kanallı (basınçsız) olması durumunda sulama sistemi açık kanallı, basınçlı boru kullanılması durumunda sulama sistemi kapalı borulu sistem olarak isimlendirilmektedir. İletim ve dağıtım şebekeleri için ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Bir sulamanın iletim şebekesi açık kanallı, dağıtım şebekesi kapalı boru sistemi olabilir. Ayrıca kanaletli sulama sistemi de vardır ancak işletme zorluğu ve yapı ömrünün kısa olması gerekçeleriyle 2000'li yıllardan bu yana hiçbir projede tercih edilmemiştir.

Dağıtım şebekesinin açık kanallı olması durumunda sadece basınçsız sulama yapılması mümkün olur. Açık kanallı sulama sistemi farklı kesitlerde (trapez, kutu, dairesel vb.) ve farklı kaplamalarda (beton, pere, taş, kaplamasız vb.) yapılabilir.

Dağıtım şebekesinin kapalı borulu sistem olması durumunda basınçlı sulama yapılması mümkün olur. Suyun enerji kotu ve sulanacak arazi kotu şartlarına bağlı olarak, düşük, orta ya da yüksek basınçla sulama yapılabilmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 9. Açık Kanal ve Kapalı PE100 Boru.

Sulama yöntemi, tarla başına kadar getirilmiş olan suyun tarlaya verilme şeklini ifade etmektedir. Kendi içinde de farklı alt kırılımları olmakla beraber başlıca sulama yöntemleri; yüzeysel sulama, yağmurlama sulama ve damla sulamadır. Bu yöntemlerden yağmurlama sulama ve damla sulama modern sulama yöntemleri olarak kabul edilir.

Yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin uygulanabilmesi için dağıtım şebekesinin orta/yüksek basınçlı borulu olması gerekmektedir. Yüzeysel sulama yönteminin uygulanması için sulama sisteminde bir gereklilik yoktur. Her iki sulama sisteminde de uygulanabilir.

3.1.3.1. Yüzeysel Sulama Yöntemi

Basıncsız sulama yöntemi olarak da isimlendirilir. Su arazi yüzeyinde yerçekimi etkisi ile ilerler ve bir taraftan da toprak suyu alır. Farklı uygulama tipleri vardır.⁶

- **Salma (Vahşi) Sulama Yöntemi** : Salma sulama yönteminde, tarla başı kanalından tarla parseline alınan su parsel boyunca arazi üzerinde rast gele yayılmaya bırakılır. Su toprak yüzeyinde ilerlerken bir yandan da toprağın suyu alması (infiltrasyon) ile toprak içine girer. Bu uygulama biçiminde, sulama doğrultusunda eğimin %3'ü geçmemesi, sulamaya dik yönde olmaması ve tarlanın tesviyeli olması gerekir. Su, eğim doğrultusunda düzensiz olarak ilerler ve çoklukla eş olmayan bir su dağılımı meydana gelir. Başka bir deyişle, tarla parselinin belirli kesiminde gereğinden daha fazla, belirli kesiminde ise gereğinden daha az su uygulaması söz konusu olur. Bu nedenle, çiftlik randımanı son derece düşüktür. Salma sulama yönteminin tek avantajı ilk tesis masrafının çok düşük olmasıdır. Toprakta tuzluluk ve sodyumluluk sorununun ortaya çıkmasına da neden olduğundan bu yöntemin uygulanması pek önerilmemektedir.

⁶ Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, TIGEM. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Teknik Bilgiler*. Erişim adresi: <https://www.tigem.gov.tr/Sayfalar/Detay/3e499aad-4775-41ae-aeb4-2707cb44b6a0>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 10. Salma Sulama Uygulaması.

- **Tava (Göllendirme) Yöntemi** : Tava sulama yönteminde, sulanacak tarla parseli toprak seddelerle çevrilerek eğimsiz alt parsellere ayrılır. Bu alt parsellere tava adı verilir. Sıralı bitkilerde ince uzun tavalara oluşturulur. Tarla başı kanalı ya da lateral boru hattından su tavalara bir ya da birkaç yerden alınır. Tava debisi, suyun tava içerisinde olanaklar ölçüsünde kısa sürede göllenmesini sağlayacak kadar yüksek olur. Tavada göllenen su, zaman boyutunda toprağın suyu alması (infiltrasyon) ile toprak içerisine girer ve bitki kök bölgesinde depolanır. Tava sulama yönteminin tesis maliyeti salma sulama yöntemi gibi düşüktür. Su, salma sulama yöntemine göre daha iyi kontrol edilebilir, ancak bu yöntemde de çiftlik randımanı düşüktür. Ayrıca tavalara eğimsiz olması gerektiğinden arazi tesviyesi gerektirir. Tava debisi yüksek olduğu için tava başında erozyonu önlemek için özel yapılar gerekebilir, derine sızmayı önlemek için kontrollü sulama yapılmasını gerektirir aksi durumda toprak altı drenaj sistemi kurmak gerekebilir, bu da maliyeti artırır.



Şekil 11. Tava (Göllendirme) Sulama Uygulaması.

- **Karık Sulama Yöntemi** : Karık sulama yönteminde, bitki sıraları arasına karık adı verilen küçük kanalcıklar açılır ve su bu karıklara verilir. Su karık boyunca ilerlerken toprağın suyu içine alması (infiltrasyon) ile bitki kök bölgesinde depolanır. Karık sulama sistemlerinde tarla başı kanalı ya da lateral boru hattından sonra, her karık sulama grubuna hizmet eden eğimsiz dağıtım kanalları ya da



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

delikli (musluklu) karık sulama borularına gerek vardır. İlk tesis masrafı diğer yüzey sulama yöntemlerine göre daha yüksek olmakla birlikte yine de düşük olması, iyi bir arazi tesviyesi ve sulama işletmesi ile iyi sayılabilecek bir çiftlik randımanının elde edilebilmesi, ağır bünyeli topraklarda emniyetle uygulanabilmesi avantajları olarak sayılabilir. Karıktan çıkan suyu uzaklaştırmak için yüzey drenaj kanallarının gerekebileceği, kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı sağlayabilmek için iyi bir arazi tesviyesinin gerekli olması, karık sırtlarında birikebilecek tuzun toprak tuzluluğuna duyarlı bitkiler için sorun olabilmesi, düşen yağışın yüzey akışı oluşturduğu koşullarda, yüzey akışının karıklarda yoğunlaşarak erozyon sorunu oluşturması, istenmeyen durumlardır.



Şekil 12. Karık Sulama Uygulaması.

3.1.3.2. Yağmurlama Sulama Yöntemi

Suyu toprak yüzeyine yağmur şeklinde püskürten başlıkların yer aldığı borulardan oluşan bir yöntemdir. Yağmurlama sulamada su, basınçlı olarak yağmurlama başlıklarına iletilerek yapay bir yağmur halinde arazi yüzeyine uygulanır. Uygulanabilmesi için ana ve lateral boru hatlarından oluşan bir altyapıya gerek vardır. Sistemi yağmurlama başlıkları tamamlar. Sulanacak bitkiye, toprağa ve ekonomik koşullara bağlı olarak değişik tiplerde yağmurlama başlığı kullanılır. Taşınabilir, yarı taşınabilir ya da taşınmayan tipleri vardır. Yüzeysel sulamaya göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir⁶**Error! Bookmark not defined.:**

- Çiftlik randımanı yüksektir. Suyun kısıtlı olduğu durumlarda tercih edilir.
- Yüksek meyilli, arazi şekilleri bozuk yerlerde erozyona neden olmadan sulama yapılabilir.
- Toprak üstten yıkandığı için çimlenme zamanında toprağın kaymak bağlamasını engeller ve bitkinin toprak üstüne çıkmasını kolaylaştırır.
- İşletme masrafından ve işçilikten tasarruf sağlar.
- Toprak derinliği az ve sığ, geçirgenliği yüksek topraklarda en uygun sulama sistemidir.
- Özellikle denize yakın yerlerde, rüzgarla taşınan tuzlu suların bitkilere bıraktığı tuz zerrelere, tozlar ve zararlı haşere, yağmurlama ile yıkanabilir.
- Kontrollü su verme imkânı olduğundan özellikle taban suyu yüksek, drenaj sorunu olan yerlerde en uygun sulama metodudur.
- Tarla içinde hendek ya da karık yapılmasına gerek olmadığından, ekim alanı artmakta ve tarımsal işletmelerde kolaylık sağlamaktadır.
- Eriyebilir suni gübreler; sulama suyu ile birlikte işçiliğe gerek kalmadan bitkilere verilebilir.
- Sebze, narenciye bağ ve diğer meyvelikler dondan ve sıcaktan korunabilmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Bütün bu yararlarının yanında yağmurlama sulama yönteminin ilk tesis masrafı yüksektir, su dağılımında rüzgârın olumsuz etkisi vardır ve pompaj gerekmesi durumunda ek enerji masrafına sebep olur.

Yağmurlama sulama yöntemi, farklı tekniklerle ve farklı altyapılarla yapılabilmektedir. Parseldeki bitki deseni ve parsel büyüklüğü kullanılacak yağmurlama tipinin karar verilmesinde en önemli etkenlerdir.

Sık olarak dikilen ya da kök çapları geniş olan bitki çeşitlerinde özellikle eşit miktarda sulamanın gerekli olduğu durumlarda mikro yağmurlama yöntemi tercih edilebilir. Damla sulamanın yetersiz kaldığı meyve ağaçlarında da tercih edilir. Ayrıca don ile mücadelede ve çok sıcak havalarda ağaçların serinletilmesinde etkilidir.



Şekil 13. Mikro Yağmurlama Sulama Uygulaması.

Engeli olmayan ve büyük olan sulama sahalarında uygulanan wheel line (tekerlekli) tipi yağmurlama sistemleri de, özellikle işçilik giderlerini azaltma yönünde büyük katkı sağlamaktadır. Çok rağbet gören ya da yaygın olan bir yöntem olmamakla birlikte, özellikle portatif olmasının avantajları sebebiyle tercih edilirler.



Şekil 14. Wheel Line Yağmurlama Sulama Uygulaması.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Center pivot tipi yağmurlama sulama sistem, betonarme bir platformun üzerinde dairesel dönüş yaparak hareket eder ve sulamayı otomatik olarak el değmeden yapar. 50~1100 metre aralığında hizmet edebilirler. Düz arazilerde tercih edilmesinin yanısıra eğimli arazilere de adapte edilebilirler.



Şekil 15. Center Pivot Yağmurlama Sulama Uygulaması.

Türkiye parsel düzeni ve sulama altyapısına uymamakla birlikte, çok yüksek basınç kullanarak 35 lt/sn'yi bulan yüksek debili suyu 90 m mesafeye fırlatabilen yağmur tabancaları (rain gun) da vardır. Sabit ya da tekerlekli olabilirler.



Şekil 16. Yüksek Basınçlı Yağmur Tabancası.

3.1.3.3. Damla Sulama Yöntemi

Sulama suyunun, filtre edilerek süzöldükten sonra, genellikle 12~32 mm çapındaki lateral borular yardımıyla, toprak yüzeyine veya içine damlalar halinde verilmesine damla sulama yöntemi denir. Sulanacak bitkinin ve toprağın cinsine bağlı olarak, lateraller üzerine belirli aralıklarla yerleştiren damlatıcılardan suyun çıkışı sağlanır. Diğer sulama yöntemlerine göre birçok avantajı vardır⁶:

- Damla sulama yönteminde çiftlik randımanı yağmurlama yönteminden daha yüksektir. Bu yöntemde su damlaları yağmurlamada olduğu gibi havada hareket etmez. Buharlaşma ile su kaybı yoktur.
- Yetiştirilen ürün kalitesi yüksektir. Bitki ve toprak yüzeyi ıslanmasının az olması nedeniyle hastalık ve zararlılarının gelişmesi önlenmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Tuzlu sular sık aralıklarla toprağa verilmezse, toprak suyundaki tuz miktarı aşırı düzeye ulaşmaz ve bitkilerin tuzdan zarar görmesi önlenir.
- Yabancı ot mücadelesi daha kolaydır. Damla lateralleri arasındaki toprak sulanmayarak kuru kalacaktır ve kuru toprakta yabancı otlar iyi bir gelişme gösteremeyecektir. Ayrıca toprak yüzeyinin kuru kalması sayesinde toprak işleme, ilaçlama, toplama ve taşıma işleri sulama anında bile yapılabilmektedir.
- Örtüler altında malçlama ile yetiştirilen bitkiler için uygundur. Lateral borular örtüler altına yerleştirilebilir. Ayrıca sistemin çalışması rüzgârdan etkilenmez ve bu sistemle gübre sulama suyu ile beraber bitkiye verilebilir.
- Eğimli arazilerde diğer sulama yöntemlerine göre su ve toprak kaybına yol açmaksızın daha başarılı ve kolay bir şekilde uygulanabilir.
- Daha sık aralıklarla sulama yapılabildiğinden, su-toprak arasındaki gerilme (tansiyon) diğer sulama yöntemlerine göre daha düşüktür. Düşük tansiyondaki ortamda, bitki suyu fazla enerji harcamadan alabilmektedir.
- Sulamadan sonra kaymak tabakasını kırmak ve toprağı havalandırmak amacıyla toprak işlemesine gerek kalmaz. İşçilik ve mazot tasarrufu sağlanır.
- Diğer sulama yöntemlerinde bitkinin ihtiyacı olan gübre bir sezonda en fazla 3-4 defada ve fazla miktarda verilmektedir. Gübrelerin bir çoğu bitkiler tarafından alınmadan sulama suyu ile derinlere doğru yıkanır ya da aralarda çıkan yabancı otlar tarafından alınır. Damla sulamada ise her sulamada ya da iki sulamada bir gübre azar azar ve bitki kök bölgesine (fertigasyon) verildiği için toplamda daha az gübre verilir.
- Sık sık ve azar azar verilen su, toprakta su-hava-gübre dengesinin ayarlanmasını kolaylaştırır.
- Diğer sulama yöntemlerinde sulama sonrası sahanın tamamında toprak suya tam doymuş hale gelirken, damla sulama yönteminde küçük bir toprak hacmi ıslatılır ve sadece bu hacim neme doygun hale getirilir. Bu sayede, daha fazla havanın toprak içinde bulunması sağlanmış ve CO₂'in kök bölgesinden atmosfere salınımı kolaylaşmış olur.
- Bitkilerin sap ve yaprak bölgesinin ıslatılmaması nedeniyle bazı bitki hastalık ve zararlılarının gelişmesi ve önceden uygulanan koruyucuların yıkanması engellenmiş olur. Ürün kalitesini arttırır.
- Sulama, ilaçlama, yabancı otlar ile mücadele, toprak işleme ve hasat gibi işlemlerin en uygun zamanda gerçekleştirilmesi önemlidir. Damla sulama yönteminde toprağın çok nemli olmaması, bu tipteki tarımsal işlemlerin çok daha kolay ve zamanında ve hatta bazı işlemlerin eş zamanlı olarak da yürütülmesini sağlamaktadır.
- Toprak yüzeyinin tamamen ıslatılmaması ve yapraklara su uygulanmaması nedeniyle buharlaşma kayıpları minimum düzeydedir. Böylece bitkinin su tüketimi, dolayısıyla sulama suyu ihtiyacı azalmaktadır.



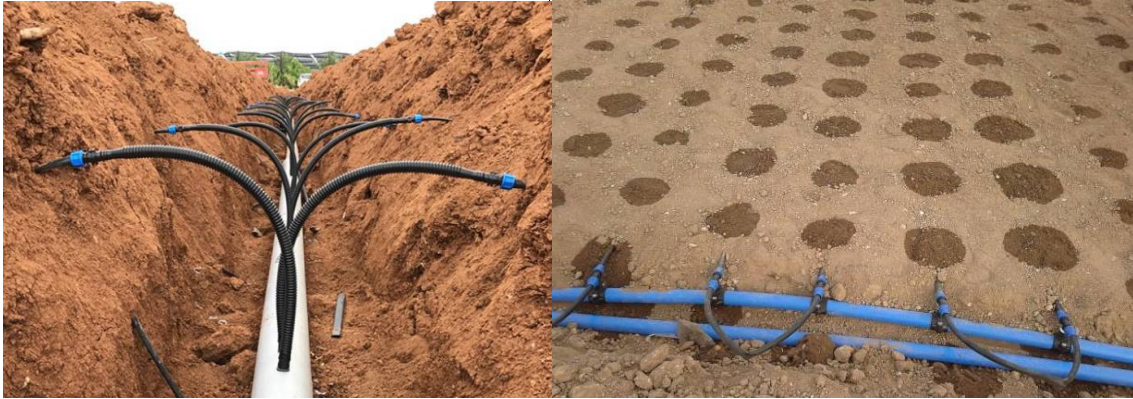
Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Rüzgardan etkilenmediğinden hemen hemen günün her saatinde sulama yapılabilir.
- Verilen suyun debisi çok düşük olduğundan, (toprak infiltrasyon hızına göre ayarlanabilir) suyun yüzey akışı ve erozyon da önlenmiş olur.
- Uygulama yerinde suyun basınç değeri yağmurlama sulama yöntemine göre çok düşük olmamasına karşın laterallerde ihtiyaç 1~2 kg/cm² arasındadır. Bu da daha küçük çaplı laterallerin kullanımını mümkün kılmaktadır.
- Filtreleme imkânından dolayı düşük kalitedeki suyun (atık su ve tuzlu su) kullanımı mümkündür.
- Bütün bu yararlarının yanında damla sulama yönteminin ilk tesis masrafı yüksektir, tıkanmaya karşı çok hassastır ve toprakta doğru yerin ıslatılması gerekliliği vardır.

Damla sulama yöntemi, farklı tekniklerle ve farklı altyapılarla yapılabilir. Parseldeki bitki deseni ve parsel büyüklüğü kullanılacak damla sulama tipinin karar verilmesinde en önemli etkenlerdir.

Özellikle bağ ve ağaç gibi sabit kabul edilen bitki türlerinde toprak altı damla yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Toprak altı damla sulama boruları, ultraviyole ışınlarından, hava sıcaklığı değişimlerinden, toprak üstündeki kemirgenlerden etkilenmez ve ısı, ışık ve buharlaşma nedenleriyle damlatıcı çıkışlarında oluşabilecek kireçlenme ve yosunlanma riski yoktur. Gübre kullanımında verimliliği artırır. Tarlada ekim ve hasat dönemlerindeki hareketlilikten etkilenmez ve zarar görmez. Uygun derinlikte imal edilmemesi durumunda, toprak havalandırma dönemlerinde sistem zarar görebilir. Aşırı sulamanın da önüne geçen bu yöntem yüksek randıman değerleriyle ön plana çıkmaktadır.



Şekil 17. Toprak Altı Damla Sulama Uygulaması.

Yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin farklı uygulama tipleri vardır ve bu tiplerin çiftlik randıman değerleri de farklılık göstermektedir. Toprak altı damla sulama yönteminde randıman değeri >%95, mikro yağmurlama yönteminde randıman değeri %85~90 seviyelerindedir. Proje kapsamında randıman değerleri belirlenirken, damla/yağmurlama sulama yöntemi için çiftlik randımanı %95 kabul edilmektedir. Farklı sulama yöntemlerinin randıman artışına etki edeceği kesin kabul edilse de çiftlik randımanı değerleri değişmeyecektir.

Yağmurlama ya da damla sulama yöntemlerinde su, tarla sınırına kadar mutlaka ihtiyaç duyulan basınçla ve basınçlı boru vasıtasıyla iletilmelidir. Kullanılacak yöntemine göre tarla içinde kurulacak altyapı ile



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havza Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

sulamanın yağmurlama ya da damla yöntemiyle yapılması sağlanır. Sulama yöntemine göre farklılıklar gösteren çiftlik randımanları Tablo 9'te verilmiştir.

Tablo 9. Farklı Sulama Yöntemlerinde Çiftlik Randımanları. Kaynak: TAGEM&DSİ (2017).

Sulama Yöntemi	Çiftlik Randımanı (%)
Taşınabilir Yağmurlama Sulama	70
Sabit Yağmurlama Sulama	75
Center Pivot ve Lineer Move Yağmurlama Sulama	80
Ağaçaltı Mikro Yağmurlama Sulama	85
Yüzey Damla Sulama	90
Yüzeyaltı Damla Sulama	95

DSİ tarafından kullanılan ve toplam bitki su ihtiyacını Penman-Monteith yöntemi kullanarak hesaplayan dsibst programı, yağmurlama sulama için %80, damla sulama için %95 çiftlik randıman değerlerini kullanmaktadır.

3.1.3.4. Farklı Sulama Sistemlerinin Karşılaştırılması

Daha önceki bölümlerde ele alınan hususları özetlemek üzere farklı sulama sistemlerinin artı ve eksilerini içeren bir liste hazırlanmıştır. Tablo 10, her sistemin avantaj ve dezavantajlarını özetlemektedir.

Tablo 10. Sulama Sistemleri: Avantajları ve Dezavantajları

SULAMA SİSTEMLERİ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Yüzeysel sulama yöntemi 	<ul style="list-style-type: none">Diğer yöntemlere kıyasla başlangıç sermayesi maliyetlerinin düşük olmasıDüşük enerji maliyetleriBirçok toprak ve ürün koşuluna uyarlanabilmeMekanik ekipman kullanımının çok az kullanılması ya da hiç kullanılmamasıBakım maliyetlerinin düşük olmasıBitki yapraklarının veya meyvelerin ıslanmasının önlenmesiToprak tuzluluğunun sızdırma ile etkili bir şekilde kontrol edilebilmesi	<ul style="list-style-type: none">Düşük su verimliliğiKapsamlı arazi hazırlığı gerektirmesiSüzülme oranının yüksek olduğu topraklarda suyu düzgün bir şekilde dağıtma zorluğuYüksek işgücü ihtiyacıÖzellikle ince bünyeli topraklarda, buhara veya taç ıslanmasına duyarlı olan ya da kök bölgesi havasız kalan ürünler zarar görebilir
Yağmurlama sulama yöntemi 	<ul style="list-style-type: none">Su uygulamasının düzgün bir şekilde yapılması ve verimli su kullanımıUygulama miktarı ve oranının kolayca kontrol edilebilmesiBirçok toprağa ve topoğrafyaya uyum sağlayabilmeHafif ve sık uygulamaların mümkün olmasıOtomasyon uygulandığında düşük işgücü maliyetleriGübrelerin ve diğer zirai ilaçların suyla birlikte uygulanabilmesi	<ul style="list-style-type: none">Başlangıç sermayesi maliyetlerinin yüksek olmasıNispeten yüksek enerji maliyetleriSu dağıtımının rüzgardan etkilenebilmesiBuharlaşma kayıplarının yüksek olabilmesiBazı sistemlerin işgücü ihtiyaçlarının yüksek olmasıÖzellikle meyvelerdeki ıslanmadan ve sudaki tuzdan kaynaklanan bitki hastalığı veya zararlı sorunları



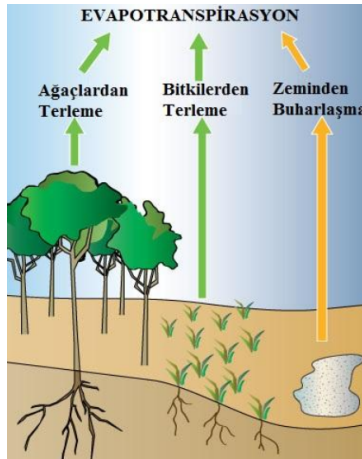
Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

SULAMA SİSTEMLERİ	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Damla sulama yöntemi 	<ul style="list-style-type: none">Büyük oranda değişen topraklara ve topoğrafik koşullara uyum sağlayabilmeYüksek verimlilik ve düzgün uygulamaNispeten düşük enerji maliyetleriUygulama miktar, oran ve yerinin kolayca kontrol edilebilmesiBuharlaşma kayıplarının ve ot gelişiminin azalmasıGübrelerin ve diğer zirai ilaçların suyla birlikte uygulanabilmesiMeyve ve yaprakların damlacıklarla ıslanmasının ve böylelikle hastalık ve zararlıların önlenmesiSulamayla ilgili işgücü maliyetlerinin düşük olması	<ul style="list-style-type: none">Yüzeysel sulama sistemlerine kıyasla nispeten yüksek bakım maliyetleriDamlaticıların ve deliklerin tıkanmaya yatkın olması; su temini için filtreleme veya arıtma ihtiyacı.Bakım ve yönetim ihtiyaçlarının çok olması; sistemler kolayca otomatik hale getirilebilir ancak tarlaların rutin olarak izlenmesi gerekirBaşlangıç sermayesi maliyetlerinin yüksek olmasıBakım maliyetlerinin yüksek olmasıKemirgenlerin ve mekanik hasarların plastik sistemler için sorun oluşturması

3.1.4. İklim, Su İhtiyacı ve Su Kullanımı

İklim koşulları, bitkilerin ürün verimliliği üzerinde en büyük etkiye sahip etkenlerden bir tanesidir. Buharlaşma ve terleme, hidrolojik çevrimin öncelikli kavramlarından biridir. Buharlaşma ve terlemenin birleşik etkisine evapotranspirasyon denmektedir. İlman kuşaktaki geniş kara alanları üzerinde, yıllık yağışın 2/3'ü kadar evapotranspirasyona uğrar, geri kalan 1/3 nehir ve yeryüzü sularından okyanuslara doğru akışa geçer. Kurak bölgelerde yağışın %90'ına varan kısmı evapotranspirasyon yoluyla atmosfere geri döner⁶.



Şekil 18. Evapotranspirasyon Şematik Gösterimi.

Toprağın su tutma kapasitesi, toprak cinsinin yanısıra iklime de bağlıdır ve ürün verimliliği üzerinde etkilidir. Bu nedenle, herhangi bir bitkinin, bitki su ihtiyacı hesabında, iklim bilgileri doğru belirlenmelidir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Su ihtiyacı hesabında kullanılan meteorolojik bilgilerin ölçülebilmesi amacıyla, 2019 yılı itibariyle Türkiye genelinde 1.641 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGi) vardır (MGM).

Türkiye’de yapılan sulama projelerinde, sahanın ihtiyacı olan toplam bitki su ihtiyacı Penman-Monteith yöntemi kullanan bir yazılımla (dsibst) hesaplanmaktadır. Sulama sahasının iklimi, sahadaki bitki deseni ve buharlaşma miktarı bitki su ihtiyacı değerini etkilemektedir. Bu programdaki veri girişinde, sulama sahasının coğrafi ve iklimsel şartları ile bitki deseni bilgileri gereklidir. Programın örnek bir görseli Şekil 47’de görülmektedir.

FAO Penman-Monteith yaklaşımına göre bitki su tüketimi (ET_c), Referans Evapotranspirasyonu (ET_0) değerinin bitki katsayısı (K_c) ile çarpımından hesaplanmaktadır. ET_c ; bitkinin belirli bir dönem için, hastalık, besin eksikliği, su stresi gibi sınırlayıcı koşulların olmadığı durumdaki su tüketimidir. Gerçekleşen bitki su tüketimi (ET_a) ise, bir bitkinin tanımlanmış olan farklı bir ortamdaki su tüketimini ifade etmektedir. ET_a değeri standart şartlarda ET_c ’ye eşit olabilir, diğer durumlarda ise ET_c değerinden düşüktür (TAGEM&DSI, 2016).

Bir Referans Yüzey veya Potansiyel Evapotranspirasyonun (ET_0) ölçülmesi için seçilen yöntem, Penman-Monteith yöntemidir. Bu yöntem, FAO’nun tüm bölge ve iklimlerdeki ürünlerin su ihtiyaçlarını belirlemek için tavsiye ettiği yöntemdir. Denklem, güneş radyasyonu (gün ışığı), hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı gibi standart iklim kayıtlarını gerektirmektedir. FAO’nun önerdiği formül aşağıda yer almaktadır:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Bu formülde kullanılan kısaltmalar aşağıdaki gibidir:

ET₀: referans evapotranspirasyon [mm/gün],

R_n: bitki yüzeyindeki net radyasyon [MJ m⁻² gün⁻¹], G toprak ısı akış yoğunluğu [MJ m⁻² gün⁻¹],

T: 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı [°C], **u₂** 2 m yükseklikte rüzgar hızı [m s⁻¹],

e_s: doymuş buhar basıncı [kPa],

e_a: gerçek buhar basıncı [kPa],

e_s-e_a: doymuş buhar basıncı açığı [kPa],

Δ: buhar basıncı eğrisinin eğimi [kPa °C⁻¹],

γ: psikrometrik sabit [kPa °C⁻¹].



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
SULAMA PROJESİ VERİ ÖZET FORMU

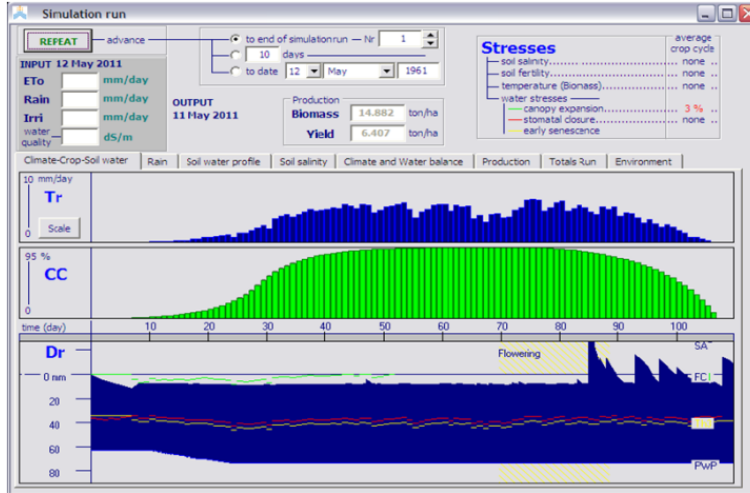


Proje Adı	AFYON-CAY EBER SULAMA PROJESİ		
Sulama Adı	EBER YAS SULAMASI		
Sulama Alanı Enlem Derecesi	38 derece 35 dakika		
Sulama Alanı Ortalama Kotu	1000		
Meteoroloji İstasyonu	BOLVADIN		
Sıcaklık Düzeltme Miktarı	0,13		
Sulama Sistemi	BORULU SİSTEM		
Üst Toprak Bünye Dağılımı(%)	Ağır Bünye (%)	Orta Bünye (%)	Hafif Bünye (%)
	0	83	17
Toprağın Fiziksel Özellikleri	Tarla Kapasitesi (mm/m)	Solma Noktası (mm/m)	
	253	113	

BİTKİ ADI	EKİM TARİHİ	HASAT TARİHİ	BÜYÜME DÖNEMİ UZUNLUKLARI				TOPLAM GÜN UZUNLUĞU	EKİLİŞ ORANI	SULAMA YÖNTEMİ	SULAMA ŞEKLİ	KC1	KC3	KC4	TOPRAK İSLANMA ARALIĞI	TOPRAK İSLANMA MİKTARI
			1. D.	2. D.	3. D.	4. D.									
BİBER (SIVRI)	20.05.2014	15.08.2014	19	19	31	19	88	0,0125	Damlalı Sulama	TARLA	0,54	1,07	0,93	4,60	15,35
BUĞDAY (KIŞLIK)	15.10.2013	10.07.2014	30	169	40	30	269	0,05	Yağmurlama Sulama	TARLA	0,85	1,15	0,27	7,50	20,14

Şekil 19. DSİ Tarafından Kullanılan dsibt Programından Görünüm.

BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından gıda güvenliğini ele almak ve çevresel şartların ve sulama yönetiminin bitkisel üretim üzerindeki etkisini değerlendirmek için geliştirilen bir ürün büyüme modeli olan AquaCrop programı (www.fao.org), otsu bitkilerin sulama-verim tepkisini simüle eder ve suyun, mahsul üretiminde önemli bir sınırlayıcı faktör olduğu koşullara özellikle uygundur. Modelin kullanıcı dostu ara yüzü Şekil 48’de yer almaktadır.



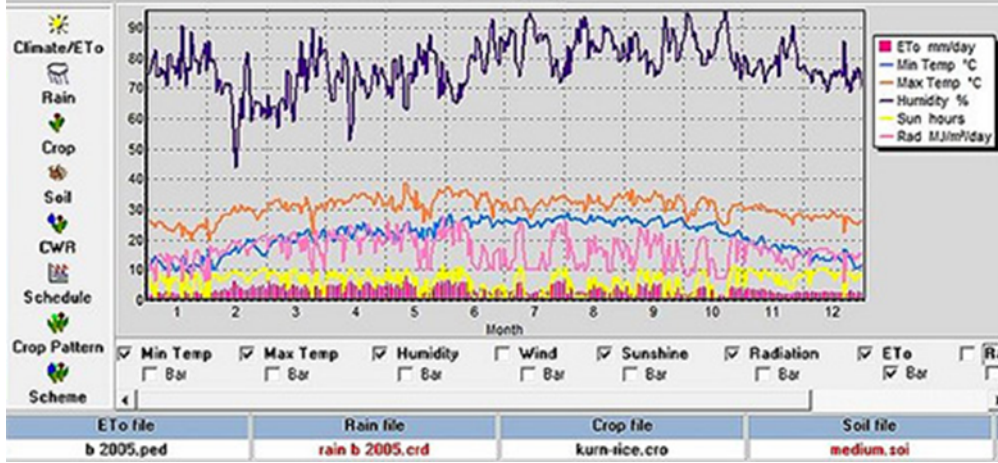
Şekil 20. FAO AquaCrop Programından Görünüm. Kaynak: www.fao.org

FAO’nun diğer bir yazılımı olan CropWat (www.fao.org), toprak özellikleri, iklim koşulları ve bitki deseni verilerine dayalı olarak bitki suyu ihtiyacı ve sulama ihtiyacı gereksinimlerinin hesaplanması için kullanılabilir. Program, farklı sulama şartlarında ve değişen bitki desenleri için su temininin hesaplanmasına izin verir. Sulama sezonu içinde, çiftçilerin sulama uygulamalarını değerlendirmek ve yağmurlu dönemlerde ürün verimini tahmin etmek için de kullanılabilir. Modelin örnek bir görüntüsü Şekil 49’da yer almaktadır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 21. FAO CropWat Programından Görünüm. Kaynak: www.fao.org

Bitki su ihtiyacı ve sulama ihtiyacı bilgilerinin hesaplanması için benzer birçok ücretli ve ücretsiz program vardır. Türkiye’de yapılan sulama projelerinde toplam bitki su ihtiyacı hesabı için DSI tarafından 2015 yılından bu yana dsibt programı kullanılır. Penman-Monteith yöntemini kullanan program, başvuru kaynağı olarak FAO’nun geliştirdiği FAO-56 no’lu yayını esas almıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı araştırma enstitüleri tarafından yapılan çalışmalar sonucu elde edilen; bitkilerin büyüme tarihleri ve gelişme dönemi uzunluklarına ait bilgiler ve Türkiye genelindeki 256 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılarak yaklaşık 10.000 adet farklı bitkinin gelişme dönemi uzunlukları tespit edilmiştir⁷.

3.1.5. Su Kalitesi ve Ötrofikasyon

İçme suyunda olduğu gibi sulamada kullanılacak suyun da belirli kriterleri sağlaması gerekmektedir. Akıntılı su sistemlerindeki fiziksel koşullar ile durgun su sistemlerindeki koşullar birbirinden farklıdır. Bu nedenle su kalitelerinde de farklılık görülür. Akıntılı ortamların su sıcaklığı düşük ve çözülmüş oksijen değerleri yüksektir. Durgun sularda durum tersidir.

Akıntılı su sistemleri üzerinde yapılan su tutucu yapıları (baraj, gölet, vb.), suyun hareketini bitirdiği için zamanla su kalitesi değişecektir. Özellikle üst havzadaki sel suları ile gelen sediment ve bazı yerleşim bölgelerinden gelen kirletici atık maddelerinin birikmesi ile su toplama ortamında su kalitesi değerleri düşecektir.

Sulamada su kalitesi iki açıdan önem teşkil eder. İlk olarak sudaki tuz ve diğer maddelerin varlığı ve miktarı, suyun sulamada kullanılmaması ya da sadece belirli bitki türlerinde kullanılmasına neden olabilir. İkinci olarak ise, sulamada kullanılacak ekipmanların seçiminde de suyun kalitesi önemlidir. Ekipman tip ve özellikleri belirlenirken su kalitesine önem verilmelidir.

Toprak cinsine de bağlı olmasının yanısıra, sulama suyu, sulanan tarım alanında tuzluluğun birincil nedenidir. Sulama suyunun içerdiği tuz miktarı ne kadar fazla olursa, bitki kök bölgesinde biriken tuzların

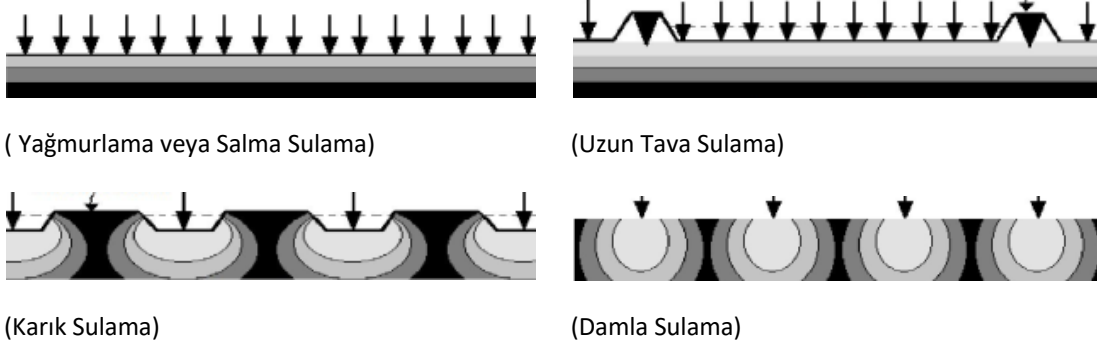
⁷ Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2015). *Türkiye’de Bitki Su Tüketimi Çalışmaları Sunumu*. Erişim Adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/tuhk/t%C3%BCrkiye%27de-bitki-su-t%C3%BCketimi-%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

toplama da o kadar fazla olur. Sulama yöntemi de önemlidir. Yağmurlama sulama ile salma ve tava tipi yüzeysel sulama yöntemlerinde suyun hareketi yerçekimi yönündedir ve bu nedenle topraktaki tuzluluk da derinlik arttıkça artar. Karık sulama ve damla sulamada ise, suyun hareketi suyun kaynağından her yönde dışa doğrudur. Şekil 22’de farklı sulama yöntemleri için topraktaki tuzlanma durumları gösterilmiştir. Daha koyu renk, daha fazla tuz anlamına gelmektedir⁸.



Şekil 22. Farklı Sulama Yöntemlerinde Tuzluluk.

Görüleceği gibi, karık sulama ve damla sulama yöntemlerinde tuz, suyun hareketi ile dışa doğru itilmekte ve bitki kökünden uzaklaştırılmaktadır. Damla sulama yönteminde başlıklar bitki kök bölgesine yakın konulduğu için tuzlu suyla mücadelede daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Su içeriğinde bulunan tuz ve diğer yabancı ve zararlı maddelerin çeşitli bitkiler üzerinde etkileri üzerine değerlendirmeler Tablo 11’de yer almaktadır (Ayers ve ark., 1989).

Tablo 11. Sulanan Alanlarda Su kalitesi ile ilişkili Problemler. Kaynak: Yurtseven (2020).

Tuzluluk Tuzluluk toprakta suyun alımını, bitki verimini etkileyebilecek oranda azaltabilir.
Suyun İnfiltrasyon Oranı Sudaki ya da topraktaki fazla miktardaki sodyum ya da oransal olarak düşük miktardaki kalsiyum, bitkinin hiçbir zaman diğer sulamaya kadar yeterli miktarda suyu topraktan alabilmesi için biriktirilmesi gereken nem miktarının toprağa infiltre olmasına izin vermez.
Özel iyon toksisitesi Belirli iyonlar (sodyum, klor, yada bor) bitkide zarar oluşturabilir ve sonuçta verimi etkileyebilecek düzeyde birikerek bitkiyi etkileyebilirler.

⁸ Kurunç, A. (2019) *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Tuzluluğa Sebep Olan Faktörler ve Tuzluluk Etmenleri Ders Notları*. Akdeniz Üniversitesi. Erişim Adresi: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiE85_4kPnpAhUqx4UKHU9CBu8QFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Faves.akdeniz.edu.tr%2FImageOfByte.aspx%3FResim%3D8%26SSNO%3D8%26USER%3D1679&usg=AOvVaw2OupTd8AjLYWhRrmk3EBL



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Diğer

Aşırı bitki besin maddesi, verimi ya da kaliteyi azaltır; bitkinin yapraklarında ya da meyvede fazla birikim, kalitesini azaltır; alet ekipmanın aşırı korozyona uğraması tamir ve bakım masraflarını artırır.

Sodyum derişiminin yüksek olduğu sulama sularıyla toprağın sulanması genellikle toprağın sodyum içeriğinin artmasına neden olur. Sulama suyunun sahip olduğu tuz ve Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) değerleri toprağın fiziksel yapısında önemli değişiklikler meydana getirmektedir. (Temizel K., 2019)

Tablo 12. Sulamada Kullanılacak Suların Değerlendirilmesi Rehberi. Kaynak: Ayers vd. (1989).

Potansiyel Sulama Sorunları	Birim	Kullanımı Kısıtlayan Durumlar			
		Yok	Az~Orta	Yüksek	
TUZLULUK (Bitkinin su kullanımına etkili)					
EC _w	dS / m	< 0,7	0,7~3,0	> 3,0	
TDS	Mg / l	< 450	450~2.000	> 2000	
İNİFİLTRASYON (suyun toprak içerisine infiltrasyonuna etkili. Ecw ve SAR birlikte değerlendirilir)					
SAR=0~3 ve Ecw=		> 0,7	0,7~0,2	< 0,2	
SAR=3~6 ve Ecw=		> 1,2	1,2~0,3	< 0,3	
SAR=6~12 ve Ecw=		> 1,9	1,9~0,5	< 0,5	
SAR=12~20 ve Ecw=		> 2,9	2,9~1,3	< 1,3	
SAR=20~40 ve Ecw=		> 5,0	5,0~2,9	< 2,9	
İYON TOKSİSİTESİ (hassas bitkilerde etkili)					
Sodyum (Na⁺)	Yüzeysel Sulama	SAR	< 3	3 ~ 9	> 9
	Yağmurlama Sulama	me / l	< 3	> 3	
Klor (Cl⁻)	Yüzeysel Sulama	me / l	< 4	4 ~ 10	> 10
	Yağmurlama Sulama	me / l	< 3	> 3	
Bor (B)		mg / l	< 0,7	0,7 ~ 3,0	> 3
DİĞER ETKİLER (hassas bitkilerde etkili)					
Nitrojen (NO ₃ -N)	mg / l	< 5,0	5~30	> 30	
Bikarbonat (HCO ₃ ⁻) (Yağmurlama Sulamada)	me / l	< 1,5	1,5~8,5	> 8,5	
pH			Normal Sınırlar 6,5 ~ 8,4		

Tablo 12'den de görüleceği gibi, sulama suyu kalitesine etki eden maddeler 4 ana grupta (tuzluluk, infiltrasyon, iyon toksisitesi ve diğer etkiler) değerlendirilir. Tarımsal verimlilik ve sulama verimliliği açısından sudaki tuz oranı belirtilen sınırları aşmamalıdır. İnfiltrasyon değerlendirilirken tuzluluk kriterlerinden olan Ecw ve sodyum absorpsiyon oranı (SAR) birlikte değerlendirilir. Hassas bitkilerdeki iyon toksisitesi etkisinin incelenebilmesi için sudaki sodyum, klor ve bor değerleri kabul edilebilir aralıklarda



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

olmalıdır. Ayrıca sudaki nitrojen, bikarbonat (özellikle yağmurlama sulamada) ve pH (suyun içinde bulunan hidrojen iyonlarının (H+) konsantrasyonu) sulama suyu kalitesini etkileyen diğer faktörlerdir.

Ötrofikasyon kelime anlamı ile; göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması sonucu, plankton ve alg varlığının aşırı şekilde çoğalmasdır. Ötrofikasyonun ileri safhalarında oksijen tükeneceği için ilgili sistem önce bataklığa sonra çayıra dönüşerek su formundan kara formuna geçer. Ötrofikasyon miktarının ifadesi için trofik (besin) seviyesi birimi kullanılır. Oligotrofik Seviye, Mezotrofik Seviye, Ötrofik Seviye ve Hipertrofik Seviye sıralamasıyla trofik seviye artışları ifade edilir.

Ötrofikasyon oluşumu fosfor ile azot ve diğer besinlerin yaşlı su alanlarında artması sonucunda meydana gelmektedir. Organik maddelerin artması ekosistemdeki üretkenlik düzeyini yükseltmekte ve su yüzünü kaplayan algler ve mikroskobik organizmalar güneşin su altına geçmesini engeller ve su altı için önemli olan oksijen emilimine zarar verir. Ötrofikasyonun en büyük etkeni fosfattır ve fosfat kirliliği anlamına da gelmektedir.

Diğer bir çeşidi ise insanlar tarafından yapılan kültürel ötrofikasyondur. Su alanlarına bırakılan kanalizasyonlar, temizlik maddeleri, gübre, tarımdan dönen su vb. aşırı şekilde besin içeren maddelerin suya karışmasıyla oluşur.

Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi (KASAD) ve Nitrat Direktifi (ND) ötrofikasyon değerlendirmesini bir gereklilik olarak açıkça ortaya koymaktadır (ilk direktif “hassas alanları”, yani hassas su kütlelerini belirleme uygulamasıyla; ikincisi ise “kirlenmiş suları” belirleme ve ardından “nitrate hassas bölge”leri tespit etme uygulamasıyla). Söz konusu bu direktiflerde “ötrofikasyon” terimi açık bir şekilde belirtilmekte olup KASAD’da hassas alanların ve arıtma koşullarına uygunluğunun belirlenmesi, ND’de ise nitrate hassas bölgelerin tespit edilip eylem programlarının uygulanması ile iki direktifin de ötrofikasyonla mücadele kapsamında önlemler ortaya koyduğu görülmektedir. SÇD ise ötrofikasyonun ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi için bir temel sağlamak ve daha önceki AB mevzuatının ortaya koyduğu gerekleri de tamamen dikkate alarak suya besin elementi girdisinin (ötrofikasyon) yönetimi için daha tutarlı ve bütüncül bir yaklaşım ortaya koymaktadır. SÇD ayrıca yerüstü su kütlelerinin ekolojik durumunu sınıflandırırken ötrofikasyonun değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Hassas alan veya ötrofikasyonla ilgili direktiflerde yer alan değerlendirme ve izlemeye yönelik koşullar genel hatlarıyla Tablo 13’de özetlenmiştir (Aksu, 2017).

Tablo 13. Ötrofikasyonla İlgili Direktifler ve Gereklilikleri.

DİREKTİF	ÖTROFİKASYON DEĞERLENDİRME GEREKLERİ	ÖTROFİKASYONLA İLGİLİ MİNİMUM İZLEME GEREKLERİ
Su Çerçeve Direktifi	Besin elementi zenginleşmesinin biyolojik ve fiziko-kimyasal kalite unsurlarını etkilediği Ekolojik Durum sınıflaması içinde yer almıştır.	Fitoplankton (6 ay), sucul flora (3 yıl), - Makro omurgasızlar (3 yıl), balıklar (3 yıl)- Hidromorfolojik kalite unsurları (Hidroloji sürekli -1 ay; diğerleri 6 yıl)-Fiziko-kimyasal kalite unsurları (3 ay)
Kentsel Atık Su Arıtma Direktifi	Ötrofikasyondan etkilenmiş su kütleleri veya önlem alınmazsa yakın gelecekte ötrofikasyondan etkilenebilecek su	En az dört yılda bir mevcut hassas alanlar gözden geçirilir ve yeni alanlar tayin edilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

DİREKTİF	ÖTROFİKASYON DEĞERLENDİRME GEREKLERİ	ÖTROFİKASYONLA İLGİLİ MİNİMUM İZLEME GEREKLERİ
	kütleleri uyarınca hassas alanları belirlemek.	
Nitrat Direktifi	“Kirlenmiş suları” belirlemek ve bu suların havzasını nitrattan zarar görebilir bölgeler olarak tayin etmek.	Yerüstü ve yeraltı suyu nitrat konsantrasyonunu belirlemek için bir yıllık süre boyunca izlenmelidir. Bu izleme programı en az dört yılda bir tekrarlanmalıdır. Yerüstü suları, haliçler ve kıyı sularının ötrofikasyondan etkilenme durumu dört yılda bir gözden geçirilmelidir.

Tarımsal faaliyetler, bir yandan ötrofikasyonu hızlandırırken diğer yandan sonuçlarından etkilenmektedir. Ötrofikasyon sonucunda meydana gelen yosunlaşma problemleri, damla ve yağmurlama gibi sulama yöntemlerinde aksaklıklara sebep olmaktadır. Su kaynağı ötrofikasyondan etkilenmiş olan sulama alanında, su sisteme verilmeden, tuzluluk, infiltrasyon, iyon ve azot toksitesi su kalitesi kriterlerini karşıladığı kontrol edilmelidir. Ayrıca yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinde kullanılan küçük çaplı ve hassas sulama başlıklarının zarar görmemesi için, suda asılı kalan çözülmemiş partiküllerin sisteme sokulmaması gerekmektedir. Su kaynağı ötrofikasyondan etkilenen sulamalarda mutlaka sulama suyu analizi yapılmalı, analiz sonucuna göre gerekli önlemler alınarak suyun sisteme verilmesi sağlanmalıdır.

“Durgun Suların Özümleme Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi”⁹ kapsamında, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanımı için çalışmalar yapılmıştır. Havzalarda belirlenen durgun suların tamamında gereken analizlerin yapılarak özümleme kapasitelerinin belirlenmesi, analizler neticesinde iyileştirme ihtiyacı bulunan durgun suların iyileştirilmesi ve korunma amacıyla tedbirlerin belirlenmesi ve elde edilen veriler ile veri tabanı oluşturularak, oluşturulan veri tabanının Ulusal Su Bilgi Sistemi’ne entegrasyonu ve raporlanması amaçlanmıştır.

3.1.6. Toprak Yapısı ve Bitki Deseni

İklim şartları kadar toprak yapısı da bitki deseni seçiminde etkilidir. Seçilen bitkinin ihtiyaç duyduğu mineralleri ve suyu topraktan sağlayabilmesi için toprağın yapısı önemlidir. Toprak infiltrasyon(sızma) ve KAR (kıştan artan rutubet) değerlerine uygun bitki seçimi yapılmalıdır.

Toprağın fiziksel özelliklerinden olan toprak bünye ağırlığı sulama için önemlidir. Ağır bünyeli ve hafif bünyeli olarak ikiye ayrılmaktadır. Kil grubu olan küçük taneli toprak cinsleri ağır bünyeli, kum grubu olan iri taneli toprak cinsleri hafif bünyeli kabul edilmektedir. İki grubun farklı oranlarda karışımı olduğu bölgelerde orta bünyeli ifadesi de kullanılmaktadır. Ağır ve hafif bünyeli toprakların temel özellikleri Tablo 14’da verilmiştir.

⁹ Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümleme Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi*. Akarcay Havzası Nihai Raporu.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Tablo 14. Sulama Yönünden Önemli Bazı Toprak Özellikleri.

Toprak Özelliği	Ağır Bünyeli Topraklar	Hafif Bünyeli Topraklar
Su Tutma Kapasitesi	Yüksek	Düşük
Su Geçirgenliği	Düşük	Yüksek
Hava Geçirgenliği	Düşük	Yüksek
Toprak İşleme	Güç	Kolay
Verimlilik Potansiyeli	Yüksek	Düşük
Organik Madde Oranı	Yüksek	Düşük

Toprağın kimyasal özelliklerinin de verimlilik üzerinde etkisi vardır. Topraktaki organik madde varlığının fazla olması; su tutma kapasitesini artırır, toprak yapısını iyileştirir, bünyesini daha uygun hale getirir ve bitki kök gelişimi için uygun ortam sağlar. Bitkilerin toprak içinde en fazla ihtiyaç duyduğu makro besin elementleri; azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum, az ihtiyaç duyduğu mikro elementler ise; demir, mangan, çinko, bakır, bor, molibden ve klor'dur¹⁰.

Bitki deseni seçiminde dikkate alınan başlıca kriterler ve gerekçeleri şöyle özetlenebilir;

- **Bölgenin iklim şartları** : Sulama alanındaki iklim şartlarına uyumlu bitki deseni tercih edilmelidir. Örneğin, yüksek kotlarda, kuru ve sert iklim şartlarında, ılıman iklim şartlarında yetişen turuncgiller yetiştirilemez.
- **Sahanın toprak yapısı** : Toprak yapısı, suyun infiltrasyonu ve su tutma kapasitesi değerlerini etkilemektedir. Kapiler basınç etkisiyle köklerinden su alan bitkiler, farklı toprak şartlarında farklı oranlarda su alabilirler. Bu durumda aynı bitki, farklı toprak yapısında farklı verim sergilemektedir.
- **Ortalama işletme arazi genişliği** : Bitkilerin özellikle ekim-hasat dönemleri işgücü gerektirmektedir. Tarımsal makinelerin kullanımı işgücünü azaltacaktır. Bu nedenle büyük işletme arazilerinde tarımsal makinelerin kullanımı ile işgücünün birim alandaki maliyeti azalacaktır. Örnek olarak küçük bir alanda buğday yetiştirilmesi, ekim-hasat dönemlerindeki birim işletme maliyetlerini yükseltecektir.
- **Yakın sulamaların bitki deseni** : Sulama yapılacak bölgede ve yakınlarında daha önceki tecrübeler dikkate alınmalıdır.
- **Bitkilerin nispi avantajları ile yetiştirme süreleri** : Bitkilerin, kısa yetiştirme süresi, az su gereksinimi, az bakım ihtiyacı vb. özelliklerinden kaynaklı avantajları dikkate alınarak tercih edilmesidir.
- **Ürünlerin iç ve dış pazar talepleri** : Bitkiler farklı dönemlerde farklı arz/talep dengesine sahiptirler. Özellikle yıllık yetiştirme süresine sahip ürünlerde, piyasadaki arz/talep dengesi gözetilerek bitki deseni belirlenir.

¹⁰ Ankara Büyükşehir Belediyesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Toprak ve Gübre Bilgisi. Bilgilendirme Sunumu*. Erişim Adresi: https://www.ankara.bel.tr/files/6614/3695/0175/TOPRAK__BLGS_SUNUM.pdf



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- **Üreticilerin eğilimleri** : Çiftçilerin ekim-bakım-hasat aşamalarını bildikleri ürünleri tercih etmek gibi bir eğilimleri vardır.
- **Etüt sahasının işgücü potansiyeli** : Sulama yapılacak bölge çevresindeki mevcut işgücü kapasitesi ve nitelikli elemana olan ihtiyacın karşılanabilirliği bitki deseni seçimini etkileyecektir.
- **Türkiye'nin genel tarım politikaları** : Ülkelerin genel tarım politikaları, belirli ürünlere yönelik eğitim ve teşviklerin arttırılması o ürünün tercih edilmesinde etkili olacaktır.
- **Tarım kuruluşlarının görüşleri ve sahada görevli mühendisin saha hakkında oluşmuş gözlemleri** : İl ya da ilçe tarım müdürlüklerinde görevli personelin, yıllar için sahada edindiği tecrübelerle, hangi şartlarda hangi bitkinin daha verimli olacağı yönünde bilgi sahibi olması, çiftçiyi bitki deseni konusunda etkileyecektir.

Ekim veya dikim zamanına cevap veren, verimli, kaliteli, pazar payı olan, hastalıklara dayanıklı, çevresel ve iklimsel faktörlere uyum sağlayan ve gübreleri etkin kullanan özelliklere sahip çeşit ve türlerle tarım yapılması konusunda da bölge çiftçisi bilinçlendirilmelidir.

Sulama projesi uygulanmayan sahalarda mevcut bitki deseninin oluşmasında ana etken çiftçi kararlarıdır. Çiftçi kararları daha çok bir çiftçinin deneme yanılma yoluyla elde ettiği yüksek verim sonucunda diğer çiftçilerin de onu takip etmesiyle oluşur. Bazı dönemlerde il tarım müdürlükleri tarafından fidan/tohum desteği sağlanarak çiftçilere yönlendirmeler de yapılır. Bu durum zamanla belirli bölgelerde belirli bitkilerin daha fazla tercih edilmesi sonucunu getirmiştir.



Şekil 23. Türkiye'deki Belli Başlı Ürünler.

Bir sahada sulama projesi gerçekleştirilmeden önce, projeli bitki desenleri belirlenerek tarımsal ekonomi çalışmalarının yapılması ve projenin yapılabilirliğinin değerlendirilmesi gereklidir. Projenin sahada uygulanmasından sonra, projeli bitki desenindeki bitki ekiliş oranlarının sahada gerçekleştirilmesine yönelik bir yaptırım uygulanmamaktadır. Sadece il tarım müdürlükleri kanalıyla bazı bitkilere teşvik verilmesi ya da ücretsiz bitki/tohum dağıtılması sağlanmaktadır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

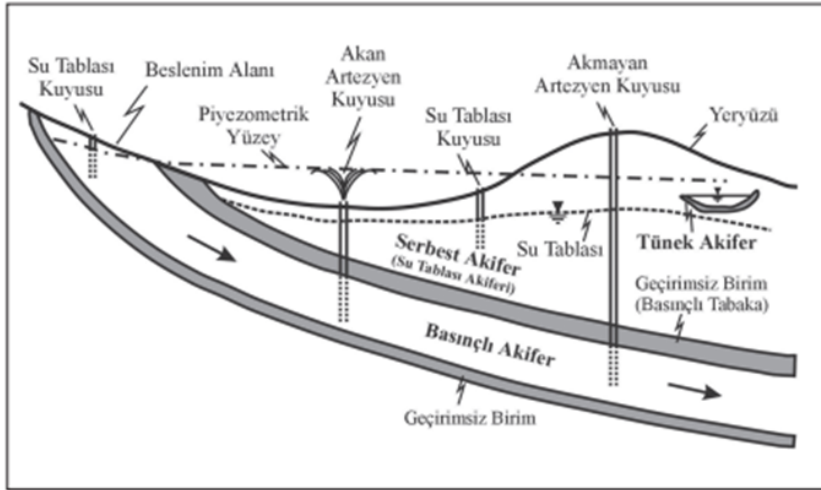
Sulama projelerinde, sulanacak alan için bitki su ihtiyaçları hesaplanırken, projeli bitki deseni oranları esas alınır. Projenin tamamlanmasından sonra, projeli bitki deseninden farklı bitki ekiliş oranları olması, proje alanındaki toplam bitki su ihtiyacının, projede hesaplanandan farklı olması anlamına gelmektedir.

Sahadaki bitki deseninin ihtiyacı olan su miktarının, projede hesaplanan toplam bitki su ihtiyacından daha fazla olması durumunda su yetersiz olacak ve sahanın ihtiyacı olan su karşılanamayacaktır. Tersini bir durumda ise sahanın ihtiyacı olan su karşılanabilecek ve hatta projede öngörülenden daha az su kullanımı olacaktır. Bu durum da bir verim artışı olarak kabul edilebilir.

Farklı tür bitkilerin iklim şartları, su ihtiyacı, ürün verimi, su alımı, sulama yöntemi ve takvimi vb. bilgileri için kullanılacak uluslararası kaynaklardan bir tanesi Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) internet sitesidir¹¹.

3.1.7. Yeraltı Su Seviyesi ve Su Tutma Kapasitesi

Yeraltı suyu, yağış olarak yeryüzüne düşen ya da yeryüzünde bulunan suların, yerçekimi etkisiyle yeraltına sızıp orada geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikmesiyle oluşur. Yeraltı suları, su kaynakları arasında ayrıcalığı olan en önemli ve en zengin doğal kaynaklardır. Yerüstü sularının yetersiz kaldığı durumlarda, tatlı su elde edebilmek için yeraltı sularının kullanımı oldukça fazladır. Bunlar her yerde gerekli derinliğe kuyular vasıtasıyla inilmek suretiyle bulunabilirler ve sıcaklıkları yaz ve kış aylarında fazla değişmez. (Şen, 2003).¹²



Şekil 24. Yeraltı Suyu ve Akifer Türleri. Kaynak: Dogdu (2013).

Tamamen arazinin fiziki şartlarına bağlı olan yeraltı su seviyesi değeri ve toprağın cinsi (bünye ağırlığı) toprak su tutma kapasitesini etkilemektedir. Bitki kökleri tarafından suyun alınması, doymun olmayan bölgede gerçekleşmektedir. Su tablasının (taban suyunun) yüksek olması, doymun olmayan bölgenin

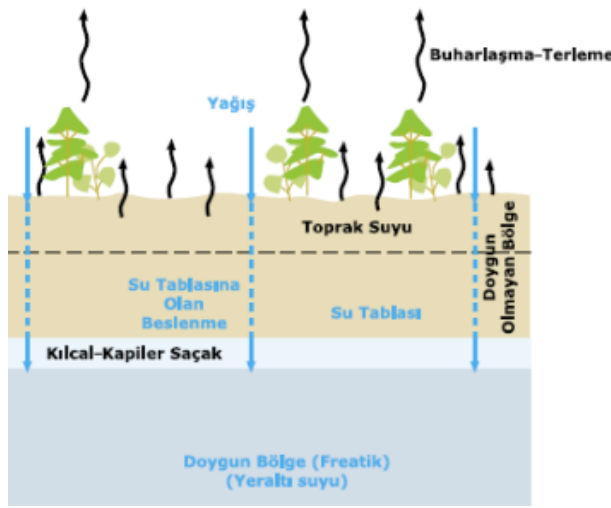
¹¹ FAO. (Erişim tarihi: Mart 2020). Crop Water Information. FAO, Land and Water, Erişim adresi: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>

¹² Şen, Z. (2003). Yeraltı Suyu (Hidrojeoloji). Su Vakfı Yayınları, İstanbul.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

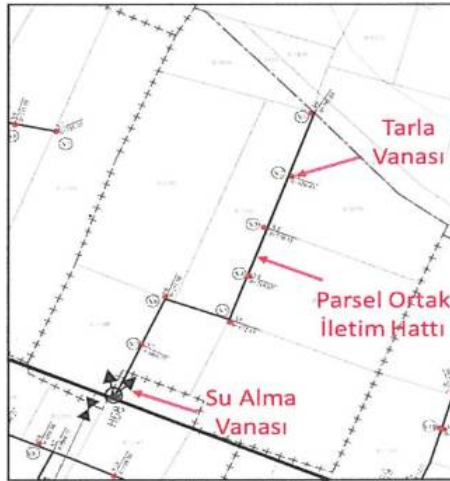
azalmasına ve bitki köklerinin doymun bölgede kalmasına sebep olacaktır. Bu durum meydana geldiğinde suya toleransı yüksek olanlar (örneğin pirinç) hariç bitkilerin “boğulma” riski yüksek olmaktadır.



Şekil 25. Doymun Olan ve Doymun Olmayan Bölgenin Şematik Görünümü. Kaynak: Özlü (2020).

3.1.8. Sulama Parselleri ve Toplulaştırma

DSİ standardında yapılan sulama projelerinde, sulama hidrantları 1 çıkış için 6~8 ha alana hizmet etmektedir ve en fazla 2 çıkışlı hidrant yapılmaktadır. Bu alana teorik parcel alanı denir. Teorik parcel içine birçok tarla girmektedir. Sulamaya ait ortalama parcel büyüklüğü değeri küçüldükçe, teorik parcel alanı içindeki tarla sayısı artacaktır. Şekil 26’da görüleceği gibi, parcel iletim hattı sayesinde su alma vanasından alınan su, tüm parsellere (tarlalara) taşınabilmektedir. Parcel iletim hattı $\phi 110$ mm çapında PE100 borudur ve her bir hidrant için 1 ya da 1 den fazla olabilir.



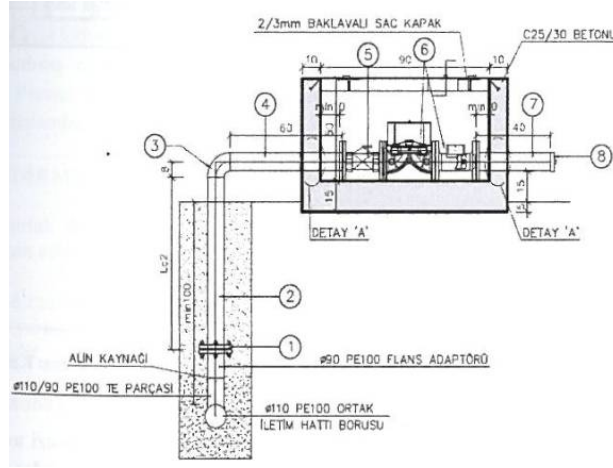


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Şekil 26. Tarla İçi Şebekesi Planı.

Parsel iletim hattı üzerinden çıkan bir boru, ucuna konulan ölçme aygıtı ve kontrol vanası sayesinde suyu parsele iletmektedir. İçinde kontrol vanası ve ölçme aygıtını bulunduran yapı "Tarla Vanası" olarak isimlendirilmektedir. 1 adet tarla vanası 1~4 parsel hizmet edebilmektedir.



Şekil 27. Tarla Vanası Kesiti.

Parsel sayısının çok fazla ve parsel büyüklüklerinin küçük olması durumunda, parsel iletim altyapısını oluşturan basınçlı boruların toplam boyunda artış olacaktır. Bu nedenle ortalama parsel büyüklüğü değerinin küçük olduğu sulama alanlarında, sulama projesi yapılmadan önce toplulaştırma yapılması daha az yatırım maliyeti getireceği için mutlaka tercih edilmelidir.

Arazi toplulaştırması; aynı şahsa veya aileye ait olup, farklı gerekçelerle ekonomik üretimi, toprak muhafaza ve zirai sulama tedbirlerinin alınmasını güçleştirecek derecede parçalanmış, şekilleri bozulmuş veya dağınık hale gelmiş küçük arazi parçalarının bir araya getirilerek, muntazam şekiller halinde birleştirilmesi ve işletmelerin yeniden düzenlenmesi olarak tarif edilebilir. Böylelikle daha düzgün şekillere sahip ve daha az sayıda parsel elde edilmiş olur. Toplulaştırma çalışmalarının kapsamı şu şekilde özetlenebilir (Yoğunlu A., 2013);

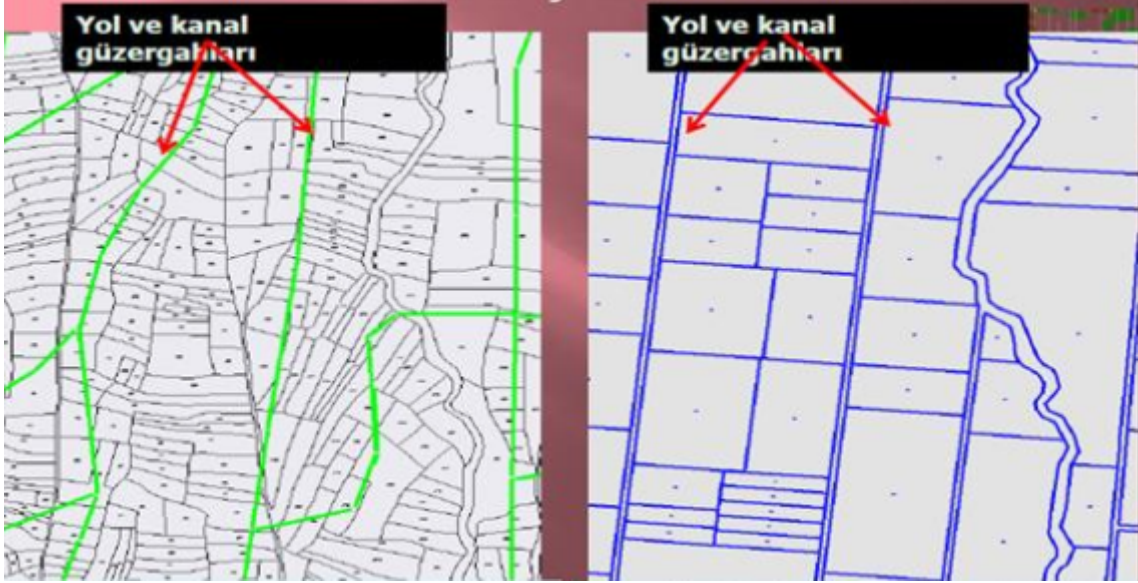
- Fazla parçalanmış ve şekilleri bozulmuş arazilerin bir araya getirilerek daha az sayıda ve düzgün şekilde parsellerin oluşturulması.
- Tüm parsellere ulaşabilir yol şebekesinin, sulama ve drenaj tesislerinin belirlenmesi.
- Gerekli sahalarda arazi tesfiyesi ve toprak ıslahlarının yapılması.
- Köylere ait çevre planlamalarının yapılması.
- Kırsal alanlarda doğal hayatın ve yeşil alanların korunması çalışmaları.
- Yerleşim alanları ve toprakların, rüzgar ve su erozyonundan korunması için gerekli önlemlerin alınması.
- Sağlık, spor, eğitim ve sosyal amaçlı tesisler için gerekli sahaların kamulaştırma yapılmadan belirlenmesi.
- İşletmelerin verimli şekilde çalışmalarının temini için gerekli tedbirlerin alınması.
- Yol, su, elektrik, telefon vb. altyapı hizmetlerinin planlanması ve arsa isteklerinin karşılanması.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Toprak kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle birim alandan daha fazla ürün edilmesi gerekmektedir. Bu anlamda arazi toplulaştırması yapılarak daha büyük parsellerde, daha az ürün çeşitliliği ve benzer toprak yapısındaki sahalarda verim artışı sağlanacaktır.



Şekil 28. Arazi Toplulaştırmasının Yol ve Kanal Güzergahlarına Etkisi. Kaynak: Yoğunlu (2013).

3 milyon tarım işletmesinin bulunduğu Türkiye’de, bu işletmelerin üretim yaptığı arazi büyüklüğü ortalama 5,9 ha’dır (ortalama 10 parselden oluşur). Ülke genelinde 30 milyon parsel 40 milyon hissedar bulunmakla beraber, bu işletmelerin % 65’i, 5 ha altında, % 83’ü 10 ha altında üretim yapmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde ortalama tarım işletmesi büyüklüğü; İngiltere’de 53,8 ha, Fransa’da 52,1 ha, Almanya’da 45,7 ha, İspanya’da 23,8 ha’dır (Kilit, 2014).

Sulama projelerinden beklenen faydaya ulaşmada en önemli unsurlardan bir tanesi arazi toplulaştırma çalışmalarıdır. Sulama projesi ile birlikte arazi toplulaştırması çalışmaları yapılması halinde, kamulaştırma ve ilk yatırım maliyetlerinde tasarruf sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra toplulaştırma neticesinde sulama amaçlı su kullanımında %50’ye yakın su tasarrufu sağlanmaktadır.

Tablo 15. Karaman Gödet Barajı Sahasında Uygulanan Toplulaştırma Projesi’nde Sağlanan Tasarruf. Kaynak: Şengün (2006).

Yapı Cinsi	Toplulaştırmazız Planlama	Toplulaştırmalı Planlama	Azalma Oranı (%)
Kanalet	60.970 m	40.975 m	32,8
Dirsek ve Şut	200 Ad.	55 Ad.	72,5
Q80 mm Büzlü Geçiş	1.753 Ad.	808 Ad.	53,9



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Toplulaştırma yapılan sahalardan elde edilen veriler, projelendirmeye başlamadan, öncelikle arazi toplulaştırmasının yapılması gerekliliğini göstermektedir.



Şekil 29. Eskişehir’de 12.000 ha Arazi Toplulaştırması.

3.1.9. Drenaj Altyapıları

Sulama ve Drenaj hangi iklim kuşağında olursa olsun üretimde sürekliliği sağlayan, diğer gelişim etmenlerinin değerlendirilmesine olanak sağlayan temeli oluşturmaktadır. Bitkilerde uygun kök gelişme ortamının sağlanması ve toprakların kolayca işlenmesi için toprak optimum nem miktarını bulundurması drenaj olanaklarıyla sağlanmaktadır (Güngör vd., 2004).

Drenajı doğru şekilde yapılan sulama sahalarda aşağıdaki gelişmeler gözlenir;

- Toprakların fiziksel özellikleri düzenlenerek, toprakta yeterli bir hava akımı sağlanır ve ortamda fazlalaşan oksijen sayesinde bitki köklerinin solunumu kolaylaşır.
- Suyun boşaldığı toprak gözenekleri hava ile dolduğundan ıslak topraklara nazaran toprağın daha çabuk ısınması ve mikroorganizmalar yardımıyla da organik maddelerin daha fazla ve daha çabuk parçalanmaları sağlanır.
- Tarım arazilerinde toprak içerisinde hava ve nem dengesi düzenlendiği için bitki kök sistemi kolay gelişir. Böylece derinlere kadar inen kök sistemi ile bitkiler kurak periyotlarda bile yeterli suyu bulabilirler.
- Toprağın yapısı düzeldiği için özellikle ağır bünyeli toprakların işlenmesi kolaylaşır ve toprak işleme araçlarına gerekli olan çeki gücü gereksinimi azalır.
- Bitkisel üretim arttırılarak bitki desenlerinde ve münavebe sistemlerinde çeşitlilik sağlanır.
- Tarım arazilerinde birim alandan elde edilen üretimin arttırılması nedeniyle arazi kıymeti yükselir.
- Potansiyel tarım arazisi özelliğindeki ıslak ve bataklık arazi ıslah edilerek tarımsal üretime açılır.
- Toprakta tuz birikmesi önlenir.
- Arazide mevcut yapılar, yollar ve diğer tesisler korunur.
- Çevrede yaşayan toplumun sağlık koşulları iyileştirilir.

Gerek yağışlı bölgelerde gerekse kurak bölgelerde fazla suların sebep olduğu drenaj sorunları sonucunda aşağıdaki durumlar gözlemlenir.

- Tarım alanlarının çukur yerlerinde uzun süreli su göllenmesi.
- Tarım alanlarının yüzeyinde fazla suyun sebep olduğu tuzların birikmesi ve lekeler oluşturması.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Bitkilerde yaprak yanması ve kök çürümesi ile toprak nemine bağlı bitki hastalıklarının artması.
- Tarım alanlarında sivrisinek benzeri haşerat miktarında artış.
- Suyu seven yabancı otların gelişmesi ve artması.
- Ekim ve hasat zamanlarının gecikmesi ve tarım makinalarının toprak yüzeyinde derin iz bırakması.
- Zaman zaman toprak yüzeyinde ıslaklık görülmesi.
- Toprak içinde yeterli hava sağlanmadığından ürünlerde verim düşüklüğü görülmesi.



Şekil 30. Drenaj İhtiyacı Olan Bir Sulama Alanı Örneği.

Drenaj sorunu görülen sahalarda, sorunun çözülebilmesi için drenaj alanına ilişkin etütlerin öncelikle yapılması gereklidir. Drenaj etütlerinin amacı, tarım alanlarında uygun drenaj sistemlerinin planlanması ve projelendirilmesi için gerekli verileri temin etmektir. Drenaj etütlerinin yapılabilmesi için aşağıdaki verilerin temin edilmesi gerekmektedir;

- Topoğrafik haritalar.
- Hava fotoğrafları.
- Jeolojik haritalar.
- Tapu kadastro haritaları.
- Toprak haritaları ve su analiz raporları.
- Arazi kullanma haritaları.
- Meteorolojik bilgiler.
- Hidrolojik bilgiler.
- Sahada daha önce yapılmıŐ özel çalışma ve raporlar.
- Yörede mevcut ve yapılmakta olan yapılar.

Fazla suların doğal yollarla uzaklaŐabildiđi sahalara doğal drenajlı sahalardan denir ve herhangi bir ek önlem alınmasına gerek yoktur. Drenaj önlemi alınması gereken sahalarda fazla suların uzaklaştırılması için 2 ana yöntem kullanılmaktadır (Güngör vd., 2004)**Error! Bookmark not defined.**

- Yüzey drenaj yöntemleri.
- Toprakaltı drenaj yöntemleri.

Yüzey drenaj yönteminde, arazide açılacak kanallarla ya da arazi yüzeyinde yapılan düzenlemelerle suyun uzaklaştırılması sağlanır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Toprakaltı drenaj yönteminde suyun uzaklaştırılması için toprak içerisinde dren boruları kullanılır.

Yöntemden bağımsız olarak toplanan suların mansap şartı gözetilerek sahadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla su toplayıcı kanal ve boruların dışında taşıyıcı kanal ya da borular da teşkil edilmelidir.

Açık kanallı drenaj kanalları, ilk yatırım maliyetinin düşük olması ve kolay işletilmesi gerekçeleriyle çok tercih edilirler. Ancak sulama alanında alan kaybı yaşanmasına ve tarlalar arası ulaşımda sorun yaşanmasına sebep olurlar.



Şekil 31. Trapez Kesitli Açık Drenaj Kanalı.

3.1.10. Verimli ve Etkin Sulama Strateji ve Uygulamaları

Bitki büyüme mevsimi boyunca, topraktaki nem eksikliklerine duyarlı dönemlerde bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanması, topraktaki nem eksikliğine bağlı olarak bitki gelişmesinin önemli düzeyde etkilenmediği periyotlarda ise sulama yapılmayarak ya da kısıtlı su uygulayarak sulama suyundan tasarruf sağlanabilir (Doorenbos ve Kassam, 1979). Böylece mevcut su kaynağı ile daha geniş alan sulanabilir. Ancak bunun için yeterli ve kısıtlı su koşullarında bitki su tüketimi ile verim değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu veriler her bir bitki cinsi için farklı toprak yapılarında çok sayıda araştırma yapılarak sağlanabilir.

Sulama stratejileri olarak ele alındığında, 3 çeşit sulamadan bahsedilebilir: Tam Sulama (Full Irrigation), Kısıtlı Sulama (Deficit Irrigation) ve Tamamlayıcı Sulama (Supplementary Irrigation). Tam sulama, buharlaşma talebinin tam olarak karşılandığı, mahsul verimini maksimize etmeyi amaçlayan bir stratejidir. Kısıtlı sulama, kuraklığa olan duyarlılığın azaldığı büyüme aşamalarında su uygulamalarının sınırlandırılarak evapotranspirasyon gereksinimlerinin altında sulamanın uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Tamamlayıcı sulama ise, yağışın yetersiz olduğu zamanlarda mahsul verimini artırmak ve stabilize etmek için sınırlı miktarda su uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Chukalla et al., 2015). Kısıtlı ve tamamlayıcı sulama uygulamaları, özellikle kurak koşullarda yağmura dayalı mahsul üretimleri için sulama verimliliğini arttırmaya yönelik kısıtlı sulama stratejileridir. Türkiye’de gerek üreticilerin bilinç ve eğitim düzeyleri gerekse sulama konusunda yapılan çalışmaların yetersiz olması ve çalışma sonuçlarının üreticilere aktarılmasında yaşanan sorunlardan dolayı aşırı ve hatalı su kullanımı, su kaynakları başta



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

olmak üzere toprak, çevre ve bitkiler üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Tekinel ve ark. (2001), Şanlıurfa-Harran sulamasında yapmış oldukları çalışmada gereksinim duyulan suyun yaklaşık 5-7 katı sulama suyu verildiğini ve taban suyu düzeylerinin, tehlikeli sınır olarak kabul edilen 150 cm'den daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır (Değirmenci. 2020).

Özellikle su kaynaklarının kıt ve suya erişimin zor ve ekonomik olmadığı koşullarda suyun etkin ve tasarruflu kullanılmasına yönelik olarak son yıllarda damla sulama ile sağlanan su tasarrufunu daha da arttırabilmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. GKS (Geleneksel Kısıntılı Sulama) ve YIS (Yarı Islatmalı Sulama - Partial Root Zone Drying) teknikleri bu kapsamda ön plana çıkan uygulamalardır.



Şekil 32. Damla Sulama Uygulaması.

Geleneksel Kısıntılı Sulama

GKS tekniği suyun yetersiz ve suya ulaşımın zor olduğu koşullarda bitkiyi strese sokmaksızın belirli oranlarda su kısıntısı yaparak gerekenden daha az su uygulayarak önemli verim azalışına neden olmadan sulama suyu miktarını azaltan yaklaşımlardan biridir. Kısıntılı sulama uygulaması genel olarak bitkilerin su eksikliğine dayanıklı (dirençli) dönemlerinde yapılır (Kaman, 2007).

GKS'dan amaçlanan; optimum ürünü sağlamak koşuluyla, gerekenden daha az su uygulayarak, mevcut su kaynağı ile daha fazla tarım alanı sulanabilir. Bitkiye, maksimum evapotranspirasyon (ET) isteminden daha az su uygulanmasının planlandığı bir su yönetim yaklaşımıdır. Eksik sulama uygulamaları farklı yaklaşımlarla yapılmaktadır. Bunlar, yöreye, iklime ve bitkiye göre değişiklik göstermektedir. Suyun sınırlı olduğu koşullarda; gereğinden az su uygulayarak artırılan suyla, sulanan alanın genişletilmesi ile yaklaşık aynı net gelirin elde edildiğini göstermiştir. GKS uygulaması, bitki verimi ile ET arasındaki ilişkiyi ifade eden su-verim fonksiyonlarına gerek duyar. GKS, bitkinin belirli bir düzeye kadar su stresine ve dolayısıyla verim azalmasına maruz bırakıldığı bir optimizasyon stratejisidir. Aynı alan daha az su ile sulanarak birim su verimliliğinde artış sağlanabilir.

Yarı islatmalı Sulama

YIS tekniği olarak adlandırılan sulama yöntemi, uygulanan su miktarının belirli bir oranda azaltılarak, dönüşümlü olarak bitki köklerinin yarısının ıslatılması tekniğidir. Bu işlemde sulama uygulamasında bitki köklerinin bir kısmına su verilirken diğer kısmı kuru bırakılır ve uygulama ardışık olarak devam ettirilir. Suyun kısıtlı ve pahalı olduğu bölgelerde, YIS tekniği GKS'ya benzer şekilde, daha az su uygulayarak, mevcut su kaynaklarından en etkin şekilde yararlanmayı sağlar. YIS tekniğinde kök bölgesinin bir tarafına su uygulanırken diğer bir kısmı kuru kalmakta ve bunun sonucunda kuru bırakılan bölgedeki kökler kurumaya tepki olarak su kaybını azaltmak amacıyla kök kaynaklı sinyaller göndermekte ve su stresine bir tepki olarak Absisik Asit (ABA) konsantrasyonu artmakta ve fizyolojik olarak köklerden gövdeye doğru (ABA'nın)



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

taşınımı artmaktadır. ABA'nın bitkideki bu taşınımı ve miktarının artmasıyla stomalar su kaybını azaltmak amacıyla stoma açıklıklarının kapatılması için uyarılmaktadır. Sonuçta bitki daha az su almasına karşılık yapraklardan su tüketimini azaltmakta, stres koşullarından olumsuz etkilenmeden yaprak ve kök gelişimini düzenlemekte ve fonksiyonlarını devam ettirebilmektedir (Kaman, 2007).

Sulama uygulamalarında bitki su tüketiminin gerçekçi olarak belirlenmesi ve uygulanacak su düzeyinin bitkinin ihtiyacı oranında bitki kök bölgesine verilmesi büyük önem arz eder. Aşırı veya yetersiz sulama uygulamalarının gerek bitkilerde gerek toprak yapısında gerekse su kaynakları üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sulamanın belli bir programa dayalı ve bilinçli olarak yapılması bitki gelişimi ve toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir olması açısından önemlidir.

Aynı zamanda, sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi için bitkinin suya ihtiyaç duyduğu zamanın ve her sulamada uygulanacak su miktarı ve süresinin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Sulama programı yapılmadan uygulanacak sular, bitkinin sudan optimum fayda sağlamasını engellemesi yanında, işletme maliyeti, tuzluluk-sodyumluluk ve düşük verim gibi arzu edilmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Her konuda istenen en iyi sonucu almak için bitkide su dengesinin kurulması ve korunması ilk koşuldur. Bitkinin su stresine duyarlı olduğu dönemde, sulama geciktirilirse, bir sonraki sulamada fazla su uygulansa bile verim düşmektedir. Sulama aralığını bir takvime veya sabit bir sulama programına bağlama yerine, bitki gelişim dönemlerine göre değişen bitki su gereksinimlerini karşılama esnekliği gösterebilen sulama zamanı ve sulama miktarı saptanmalıdır.

Daha az su kullanarak sulama yapılması ya da diğer bir deyişle aynı miktarda su ile daha fazla alan sulanması için uygulanan yöntemlerden olan GKS ve YIS için bitkiye özel çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar kapsamında her bir bitki için GKS ve YIS durumlarında sulama takvimi ve sulama miktarları tespit edilmelidir. Çalışmalar sadece teorik değil aynı zamanda pratikte uygulama yapılmasını da gerektirmektedir. Seçilen bitki için sulama takvimi ve bitki su ihtiyacının tespiti amacıyla uygulama denemeleri yapılarak, su-verim ilişkisinin en yüksek olduğu sulama takvimi ve su miktarı tespit edilir. Bu çalışmalar birkaç yıl sürebilir.

Bir sulama alanının tamamında GKS ya da YIS yapılabilmesi ve sulamaya ait toplam bitki su ihtiyacının hesaplanabilmesi için, projeye ait planlama ve uygulama projesi çalışmaları tamamlanmadan, hedef bitkiye ait GKS ve YIS çalışmaları tamamlanmalıdır. Çalışmaların tamamlanmasıyla aynı miktarda su ile ne kadar daha fazla alan sulanabileceği tespit edilebilir ve altyapı düzenlemeleri projeye dahil edilebilir.

Proje inşaatının tamamlanmasından sonra yapılacak GKS ve YIS çalışmalarında elde edilecek veriler kullanılarak ise, aynı alanın daha az miktarda su ile sulanabilmesi mümkün olabilecektir. Sulama sahasında artış olmayacak ancak kullanılan su miktarında azalma olacaktır.

3.2. Sulama Verimliliğinin İyileştirilmesine Yönelik Tedbirler

2019 yılı itibarıyla sulamaya açılan tarım alanlarının %72'si açık, %28'i ise kapalı sulama sistemlerinden oluşmaktadır. Günümüzde inşa edilen sulama şebekelerinin neredeyse tamamı kapalı boru sistemi olarak inşa edilmektedir (3. Tarım Orman Şûrası, 2019).



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kapalı sistem basınçlı borulu sulamaya geçilmesi ile iletim kayıpları minimum seviyeye indirilmekte ve tarla içi sulama sistemleri ile önemli ölçüde su tasarrufu sağlanarak çiftlik randımanı maksimum seviyeye yükseltilmektedir. Böylelikle, yağmurlama sulamalarda % 35, damla sulamalarda ise % 65 oranında su tasarrufu sağlanabilmektedir (DSİ 2019 Yılı Faaliyet Raporu).

Mevcut sulamalarda açık sulama sistemlerinin çok fazla oranda olması, sulama verimliliği açısından büyük kayba neden olmaktadır. Bu nedenle kapalı boru sistemi ile yeni imal edilen sulama projelerinin yanısıra mevcut açık sulama sistemli projelerin de iyileştirilmesi gereklidir. Ana hedef sulama verimliliğinin ve randımanının artırılmasıdır.

Mevcut sulamalardan hangilerinin iyileştirmeye tabi tutulacağı, iyileştirmeyi yapacak olan kurum tarafından hazırlanacak master planlar esas alınarak hazırlanacak olan eylem planları ile kriterleri karakterize edilerek tespit edilmelidir.

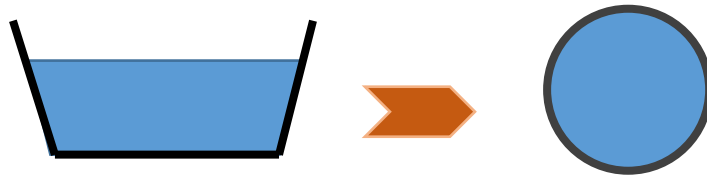
Mevcut sulamalarda tavsiye edilen tedbirler DSİ, sulama birlikleri-kooperatifleri, çiftçiler gibi birçok kurum kuruluş ve bireyin birlikte hareket etmesini gerektirmektedir.

3.2.1. Sulama Altyapılarının Yenilenmesi

İletim ve dağıtım hatları dahil olmak üzere, suyun iletilmesi sırasında yaşanan kayıpları azaltmaya yönelik temel tedbir, sulama alanındaki su iletim yapılarının iyileştirilmesidir. Mevcut sulama altyapılarının tamamen yenilenmesini ve açık kanalların basınçlı boru hatlarıyla değiştirilmesini kapsamaktadır. (Bkz. Şekil 61)

Açık kanallı sulama sistemleri yerine kapalı basınçlı boru hatlarının tercih edilmesinin temel avantajları şunlardır;

- Topoğrafik olarak uygun olmayan sulama alanlarına tesviyeye gerek kalmadan su iletimi sağlanır.
- Kaplamasız açık kanalların sebep olduğu erozyon ve sızma önlenir.
- Sulama alanında, açık kanal için alan ayırmaya gerek kalmadığından ekim alanı artmakta sulama işçiliği de azalmaktadır.
- Sulama suyu, proje sahasına daha hızlı, istenilen miktarda ve denetim altında verilir. Gerekirse bireysel olarak kullanılan su, sayaç takılarak ölçülebilir. Tesisin kontrolü kolaylaşır ve izinsiz su kullanımı azalır.
- Açık kanallardaki buharlaşma kaynaklı su kayıpları azalır.
- Su kalitesi, su kaynağından tarlaya ulaşana kadar korunur.



Şekil 33. Açık Kanalların Kapalı Boru Olarak İyileştirilmesi.

Sulama altyapılarının iyileştirilmesi kapsamında yapılması gereken başlıca eylemler şunlardır:



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Açık kanal olan altyapıların kapalı boru sistemleri ile değiştirilmesi,
- Cazibeli sulama altyapılarının (kanal ve sanat yapıları) basınçlı sistemlere dönüştürülmesi,
- Sulama suyu sayaç sistemlerinin uygulanması.



Şekil 34. Kapalı Borunun Hendeğe Döşenmesi İmalatı.



Şekil 35. Yeni Nesil Ultrasonik Sulama Suyu Sayacı.

3.2.2. Parsel İletim Hattı ve Tarla Vanası Yapılması

Parsel iletim hattı, su alma vanasından alınan suyu, tarlaların başına kadar ileten borulu sisteme verilen isimdir. Ayrıca suyun tarlalara verilebilmesi için her bir tarla başına tarla vanası imal edilmelidir. Tarla Vanası, suyun çiftçiye verilmeden önceki son noktadadır. Bu nedenle suyun ölçülmesi ve kontrolü için önemlidir.

Çiftçinin daha iyi hizmet alabilmesi, suya daha rahat ulaşabilmesi için, tarlasının sınırında ulaşabileceği bir su kaynağına ihtiyacı vardır. Sulama şebekesinden su alma vanası yapısı yardımıyla alınan su, teorik parsel olarak adlandırılan alanın tamamına tek noktadan hizmet etmektedir. Teorik parsel alanı, 1 su alma vanası çıkışından sulanacak alanı ifade etmektedir ve içerisindeki birçok farklı çiftçinin tarlası olabilir.

Sulama yapılan sahadaki ortalama parsel büyüklüğü değeri azaldıkça, 1 su alma vanasından daha çok parsel hizmet verilmesi gerekmektedir. Bu anlamda, mevcut sulamalarda iyileştirme yapılmadan önce toplulaştırma yapılması, ortalama parsel alanını artırır ve böylece 1 su alma vanasının daha az parsel hizmet etmesi sağlanmış olur. Daha az parsel hizmet etmesi hem işletme kolaylığı sağlayacak hem de parsel iletim hattı ilk yatırım maliyetini azaltacaktır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 36. Tam Otomasyonlu Tarla Vanası.

Otomasyon ve Telekontrol kapsamında, sulama alanındaki toplam ve bireysel su kullanım miktarlarının ölçülebilmesi, kontrol ve takip edilebilmesi için sahada tarla vanası gereklidir.

3.2.3. Tarla İçi Yüksek Verimli Sulama Sistemlerinin Kurulması

Parsel iletim hattı ve tarla vanası altyapısının tamamlanmasıyla her çiftçi tarla başında yüksek basınçla işletilebilecek suya erişim sağlayacaktır. Tarla başında yüksek basınçlı su olsa bile, tarla içinde çiftçi tarafından yanlış tercih edilen sulama yöntemi, yüksek su kayıplarına sebep olacaktır. Bu durum tarla başına kadar yapılan yatırımların da sorgulanmasını beraberinde getirir.

Tarla içinde seçilen sulama yöntemi tarladaki ürüne de bağlıdır. Çiftçi tarlasında yetiştirdiği ürüne uygun sulama altyapısını yaptırmakla mükelleftir. Proje faydasının tam olarak sağlanması, sulamada verimliliğin tamamlanması için tarla içi altyapısının da kurulumu gerekmektedir. Bu durum çiftçiye mali bir yük getirecektir ve çiftçinin bu sisteme geçişine engel oluşturacaktır. Bu sebeple kurulumu yapmakla mükellef olan çiftçinin yağmurlama ya da damla sulamaya geçişe ikna edilmesi gerekmektedir. Bu yüksek verimli sulama sistemlerinin ayrıntıları, Bölüm 3.1'de verilmiştir.



Şekil 37. Tarla İçinde Yağmurlama ve Damla Sulama Uygulamaları.

Bu maliyetlerin bazı çiftçiler tarafından karşılanması mümkün olmayabilir. Bu nedenle çiftçilerin bu yatırımı kolaylıkla yapabilmesine yönelik bilgilendirme ve destek çalışması mutlaka yapılmalıdır. Avrupa Birliği Fonu, Kırsal Destekleme Fonu, Tarım Kredi Kooperatifleri, Sivil Toplum Kuruluşları, İl Özel İdareleri, Devlet Bankaları vb. kurum ve kuruluşlar tarafından maddi destek ya da kredi kolaylığı sağlanarak çiftçilerin ikna edilmesi sağlanabilir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Bu anlamda önceki yıllarda ve halihazırda devlet tarafından, kırsal kalkınma destekleri kapsamında bireysel sulama sistemleri desteklenmiştir (Kırsal Kalkınma Destekleri Tebliği). %50 seviyesindeki bu oran tarım sektörünü desteklemek ve çiftçileri bu konuda ikna etmek için belirlenmiştir. Ayrıca öncelikli olarak kamu bankalarının, tarımsal üretime dair düşük faizli yatırım ve işletme kredileri mevcuttur.

- [Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi Hakkında Tebliğ,](#)
- [Tarımsal Üretime Dair Düşük Faizli Yatırım ve İşletme Kredisi Kullanılmasına İlişkin Karar,](#)

Tarla içi yüksek verimli sulama sistemleri yatırım maliyetinin %50'sinin proje maliyetine yansıtılmadığı, yani çiftçi tarafından karşılanmasının zorunlu bırakıldığı senaryoda, yüksek geçim standardına sahip olmayan birçok çiftçi, bu yatırımı yapamayacak ya da büyük faiz yükü altına girerek yapacaktır. Bu durumun yaşanması; bir taraftan tarladaki ürün verimine, diğer taraftan çiftçinin yaptığı işe olan bağlılığına olumsuz yönde yansıtacaktır. Proje kapsamında sulama oranında yaşanacak düşüş, proje aşamasında öngörülen proje kazanımlarından uzaklaşılmasına neden olacaktır.

3.2.4. Otomasyon ve Telekontrol Sistemlerinin (SCADA) Uygulanması

Sulama projelerinde otomasyon ve telekontrol sistemleri birçok noktada kullanılabilir. Bu sistemlerin amaçları kontrol ve izlemedir. Anlık izleme ve uzun vadeli veri toplanması sağlanabilmektedir. Sulama projelerinde otomasyon ve telekontrol sistemlerinin kullanılması vasıtasıyla sağlanan kontrol ve izleme olanağı, su kullanımında ve sulama yönetiminde verim artışını sağlayacaktır.

Bir sulama alanını yönetmek ve kontrol etmek için otomasyon ve telekontrol sistemi kullanarak aŐađıdakilerin elde edilmesi amaçlanır:

- Değişkenler ve su dağıtım şebekesinin hidrolik durumu hakkındaki bilgileri otomatik olarak toplayarak bu bilgileri sunmak ve gerekli raporları hazırlamak,
- Sulama suyu ihtiyacını karşılamak ve su kayıplarını azaltmak amacıyla, su kaynağı altyapılarının, su depolarının, terfi istasyonlarının, su iletim ve dağıtım şebekelerindeki ana boruların ve bunlara ilişkin yardımcı bileşenlerin hareketlerini kısa sürede kontrol etmek ve en uygun hale getirmek,
- Su kaynaklarının daha ideal bir biçimde farklı kullanıcılarına tahsis edilebilmesi için bu kaynakların mevcudiyeti konusunda tahmin yapmak,
- Sulama suyu depolarındaki ve şebekenin iletim hatlarındaki seviye ve debi değişimi hakkında kısa süreli tahminlerde bulunmak ve otomatik olarak alarm vermek; kesintileri ve olağandışı durumları en aza indirmek.

Sulama suyu dağıtım şebekesinde kurulacak çeşitli kontrol istasyonları aracılığıyla uygulanacak otomasyon ve telekontrol sisteminin ana işlevleri şunlardır:

- Vanaların (açık/kapalı, açıklık oranı) ve pompaların (çalışır halde, beklemede, hizmet dışı) durumunun izlenmesi,
- Pompa motorlarının (çalıştırma/durdurma) ve belirli kontrol vanalarının (açma/kapama) uzaktan kumanda edilebilmesi,
- Sulama suyu depolarındaki su seviyesinin izlenmesi ve seviyenin olması gerekenden yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi,



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Şebekenin belirli noktalarındaki basıncın izlenmesi ve basınç yüksek ya da düşük olduğunda alarm verilmesi,
- Sulama suyu şebekesinin belirli noktalarındaki debinin ve su hacminin izlenmesi,
- Pompaların, su mevcudiyetine ve sulama ihtiyacına göre işletilmesi,
- Terfi istasyonlarındaki elektriksel verilerin (akım, gerilim, enerji tüketimi vb.) izlenmesi ve istenmeyen değerler oluştuğunda alarm verilmesi,
- Uzak istasyonlardan gelen verilerin alınarak Kontrol Merkezinde saklanması ve tablo ve grafik şeklinde rapor haline getirilerek sunulması.

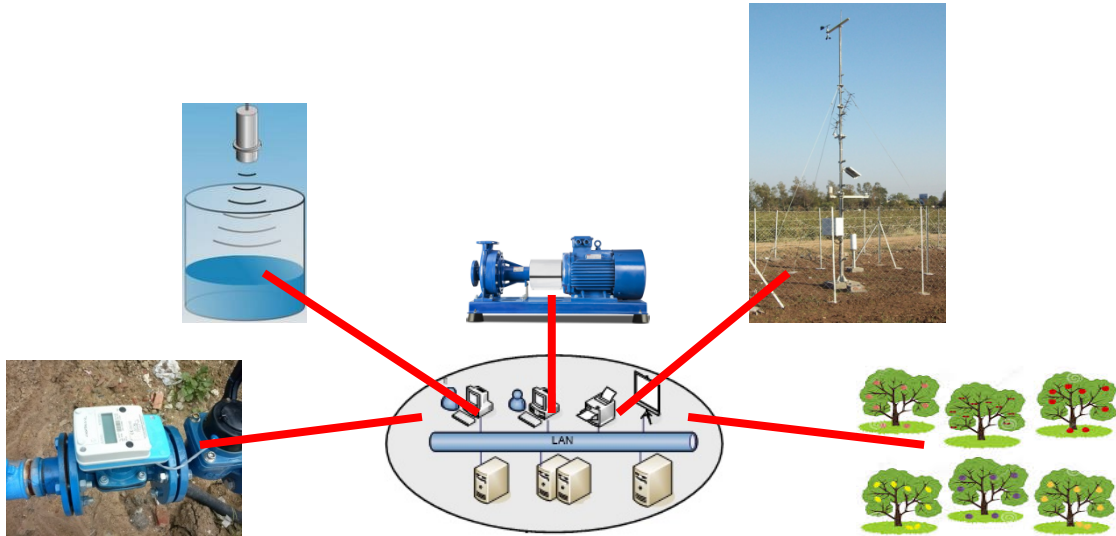
Bu işlevler, Ana Kontrol Merkezi'nde uzaktan ve Uzak Kontrol İstasyonları'nda lokal olarak, kontrol panolarına yerleştirilecek HMI (insan-makine arayüzü) operatör arayüzü aracılığıyla yerine getirilebilecektir. Kontroller, manuel olarak yapılabileceği gibi RTU'lar (uzaktan kontrol ünitesi) ve/veya SCADA sistemi aracılığıyla otomatik olarak da yapılabilir. Çalıştırma modu seçimi, hem farklı uzaktan kontrol istasyonlarında hem de ana kontrol merkezinde (yerinde/uzaktan/otomatik) yapılabilir.

Otomasyon ve telekontrol sistemlerinin sulama projelerinde kullanılabileceği başlıca yerler aşağıdaki alt başlıklarla açıklanmaktadır.

Ana Kontrol Merkezi :

Otomasyon ve uzaktan kontrol kapsamında elde edilen anlık ve uzun süreli verilerin takip edilebilmesi için bir ana kontrol merkezi kurulmalıdır (Bkz. Şekil 66). Merkez veri takibi ve depolamasının yanı sıra sistemin kontrolü üzerinde de etkilidir. Kurulacak merkezin kontrolü sulama yönetimi tarafından sağlanmalıdır.

Merkezde, uzaktan ve kablosuz iletilecek bilgilerin anlık görülebileceği ve depolanacağı ve aynı zamanda enerji kesintisinden etkilenmeyeceği bir altyapı tesis edilmelidir.



Şekil 38. Ana Kontrol Merkezi Şematik Gösterimi.

Terfi İstasyonu ve Regülasyon Havuzu Arası Otomasyon :

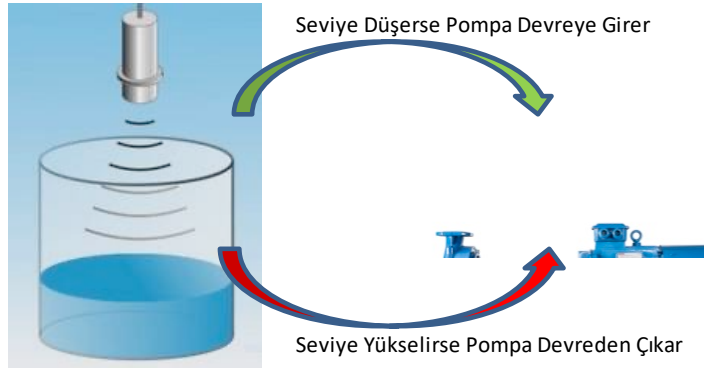


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Terfi İstasyonu ve Regülasyon Havuzu içeren sulamalarda havuz seviyesi, kullanılan su ile basılan su arasındaki dengeye bağlıdır. Havuzda her zaman istenen su seviyesinin sağlanabilmesi için de su seviyesi ile pompalar arasında bir iletişim kurulmalıdır. Böylece su seviyesine bağlı olarak pompaların devreye girmesi ya da devreden çıkması otomasyonla sağlanabilir.

Sulamada talebin düşmesi ve arz edilen suyun fazla olması durumunda, su seviyesi yükselerek havuzdan taşar ve su sarfiyatına sebep olur. Tersi durumda, sulamada talebin artması ve arz edilen suyun yetersiz olması durumunda, su seviyesi düşerek sulama boru hattına hava girmesine sebep olur. Sulama boru hattına hava girmesi istenmeyen bir durumdur. Hatta giren hava, hava vanaları kullanılarak boşaltılamazsa hattın debi kapasitesi azalır. Hava vanaları kullanılarak havuzda olması istenen su seviyesi kontrol edilerek su sarfiyatı önlenmiş ve suyun tarımsal sulamadaki verimliliği artırılmış olur.

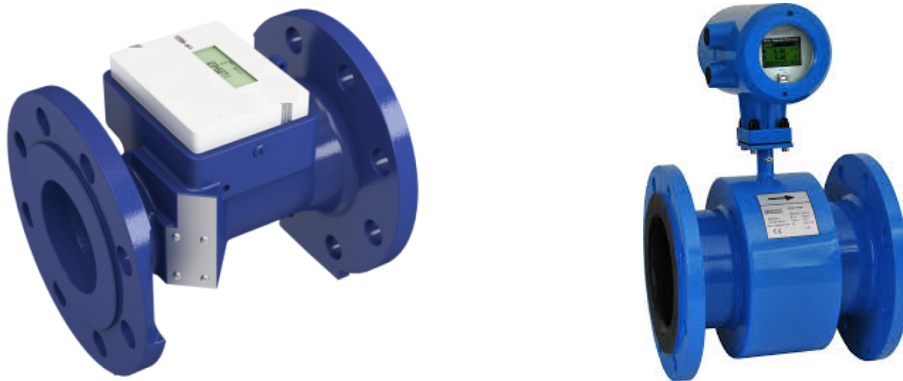


Şekil 39. Regülasyon Havuzu - Pompa Otomasyonu.

Su Kullanımının Ölçülmesi :

Sulamada verimliliğin sağlanabilmesi doğru şekilde kontrol ve ölçüm ile mümkündür. Kullanılan su miktarının doğru şekilde ölçülmesi ve sarfiyatın önlenmesi için fiyatlandırılması gerekmektedir.

Kullanılan suyun doğru şekilde ölçülebilmesi için suyun sisteme ilk girdiği yer ve sistemden çıktığı yerler başta olmak üzere gerekli tüm noktalarda ölçme aygıtı gereklidir. Bu nedenle tarla vanalarında ve anaboru hatlarının başında debi ölçümü yapılmalıdır. Tarla vanalarında ultrasonik, anaboru hatları başında ise boru çapına bağlı olarak ultrasonik ya da elektromanyetik debi ölçer kullanılmalıdır.





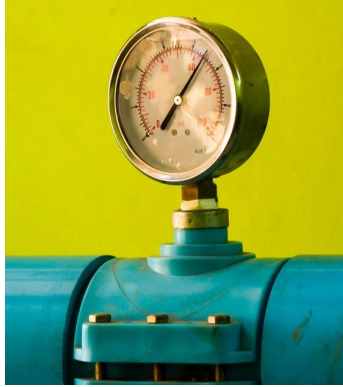
Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Şekil 40. Ultrasonik ve Elektromanyetik Debi Ölçer.

Şebekede Basınç Takibi :

Sulama şebekesinin belirli noktalarına yerleőtirilen uzaktan takip edilebilir basınç sensörleri ile borulu şebekenin basınç takibi anlık olarak yapılabilir.

Herhangi bir noktadaki basıncın düşmesi şebekenin o noktasında su çıkışı olduğu anlamına gelir. Eğer o bölgede takip edilen etkin bir sulama yapılmıyorsa, bunun anlamı sistemden izinsiz su kullanımı ya da boruda patlama-kaçak olarak değerlendirilir ve alarm devreye girer. Böylece kontrol personeli bilgilenir ve müdahalede bulunabilir. Özellikle patlama-kaçak durumunda zamanında müdahale edilmemesi durumunda çok fazla su sarfiyatı olacaktır. Bu durum suyun verimli kullanımı hedefiyle uyuşmamaktadır.



Şekil 41. Boruda Basınç Kontrolü.

Meteoroloji İstasyonu Kurulması :

Sulama projelerinde yapılan bitki sulama suyu hesaplamalarında iklim ve toprak yapısı önemli değerşkenlerdir. İklim verileri olarak, sulama alanı çevresindeki meteoroloji gözlem istasyonlarındaki veriler kullanılmaktadır. Otomasyon ve telekontrol sistemlerinin uygulanması kapsamında sulama alanı içinde kurulacak olan meteoroloji istasyonu ile sulama alanı hakkında daha spesifik bilgiler sağlanabilir.

Sulama sahasının büyüklüğüne göre, sahanın tamamına hitap edecek sayıda meteoroloji istasyonu kurulmalıdır. İstasyon kapsamında; hava sıcaklığı, nem, atmosfer basıncı, rüzgar hızı-yönü, güneş radyasyonu, yağmur miktarı, toprak nemi gibi birçok parametrenin ölçümü sağlanmalıdır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 42. Çok Fonksiyonlu Meteoroloji İstasyonu.

Kısa vadeli meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak, kısa vadeli sulama takvimi ve sulama suyu miktarı hesaplamalarında düzenlemeler yapılabilir. Ayrıca yıllar içinde biriken meteorolojik verilerin ve ürün verim sonuçları sonraki yıllar için bitki deseni ve su ihtiyacı bilgilerinin güncelleştirilmesinde kullanılabilir.

3.2.5. Çiftçiler için Kapasite Geliştirme Planı

Bir tarımsal alanda sulama projesinin tamamlanmasından sonra eski durum ile arasında toprak yönetimi ve işletmesi anlamında büyük farklılıklar olacaktır. Bu farkı oluşturan en önemli etkenler bitki deseninin, sulama sisteminin ve yönteminin değişmesidir.

Anadolu çiftçisinin bilgi altyapısı, yıllardan gelen bilgi ve tecrübelerin, büyükten küçüğe, komşudan komşuya, köylüden köylüye aktarılmasıyla oluşmuştur. Son yıllarda teknolojinin etkisiyle bilgiye ulaşım daha kolaylaşmış ve çiftçinin bilgi altyapısına büyük katkılar sağlamıştır.

Bilginin farklı kaynaklardan ve kolay ulaşılabilir olması, mevcut bilgiler ile farklı kaynaklardan edinilen bilgiler arasında çelişkiler oluşmakta ve aynı bitki deseni ve aynı sulama dönemi olmasına rağmen farklı çiftçiler farklı uygulamalar yapabilmektedir. Bir bitkinin bakımı ve yetiştirilmesi birçok dış etkene bağlıdır. Aynı ağacın farklı tür fidanlarının ya da aynı sebzenin birçok çeşit tohumunun olması dış etkenlerin başında gelir. Bu dış etkenlerin tamamı doğru şekilde tespit edilmezse, o bitkinin bakımı ve yetiştirilmesine yönelik yapılan bilgi aktarımının doğruluğundan söz edilemez.

Aynı bitki hakkında farklı kaynaklardan edinilen bilgilerle ilgili en büyük sorun, ürüne etkiyen dış etkenlerin tam ya da doğru olarak aktarılamaması ya da anlaşılabilmesidir. Bu durum, farklı çiftçilerin aynı ürün için



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

farklı uygulamalar yapmasına sebep olmakta ve ürün verimi ve toprak üzerinde olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır.

Ülkedeki tarım alanlarına, yıllar içinde farklı kurumların da katkılarıyla çeşitli altyapı yatırımları yapılmıştır. Yeraltı su kuyularının açılması, pompa ve elektrik altyapı tesislerinin yapılması, beton kaplamalı kanalların imal edilmesi vb. altyapı desteği verilmiştir. Yapılan bu yatırımlar çiftçinin daha fazla suya daha rahat ulaşmasını sağlamıştır.

Çiftçinin daha fazla suya erişimi, sahadaki ürün deseni tercihinde değişiklik yaratabilir. Bu geçişte, çiftçinin hangi ürüne geçeceği kararında, geçmiş yıllardan ya da diğer çiftçilerden kazanılmış bilgiler önem teşkil etmektedir. Çiftçilerin doğru ürün desenini seçmesi ve yapacağı ek yatırımıyla damla ya da yağmurlama sulama yöntemlerine geçebilmesi için kesin ve doğru bilgiye daha kolay ulaşması gerekmektedir.

Bilgi akışının en kolay ve doğru yoldan sağlanması, çiftçiye ve sulama yönetimine yönelik uygulanacak eğitim programlarıyla gerçekleştirilebilir. Yapılan yatırımların, olumlu anlamda geri dönüşlerinin, kısa zamanlı ve etkin olabilmesi için bu tip kapasite geliştirme amaçlı eğitim programları gerçekleştirilmelidir.

Kapasite geliştirme, tarımsal sulama sektörünün sürdürülebilir gelişiminde temel bir kavram ve stratejik bir unsurdur ve özellikle daha fazla su talep eden tarım sektörü için son derece önemlidir.

Kapasite geliştirme üç seviyede yapılmalıdır:

- Sektörel bazda (devlet seviyesinde): Sektör ve alt sektör yönetiminin verimli olması için gereken ortamın sağlanması ve ortak bilgi ve kaynakların uygulanmasıyla olumlu sonuçlar almak üzere gerekli sinerjinin oluşturulması,
- Kurumsal bazda (sulama yönetimi seviyesinde): Planlama ve yönetim süreçlerinin geliştirilmesi ve böylelikle çalışanların becerilerinin toplu olarak kurumun hedeflerine ulaşmada etkili bir şekilde kullanılabilmesi;
- Bireysel bazda (çiftçi seviyesinde): Kurumsal ihtiyaçlar doğrultusunda çiftçilerin becerilerini geliştirmek için kapsamlı bir program uygulanması.

Kapasite geliştirme, birbiriyle ilişkili iki kavrama bağlıdır:

- Devlet düzeyinde uygun ortamın oluşturulması, su kaynaklarının değerlendirilmesi, planlama, yönetim, program ve proje oluşturulması, uygulama ve değerlendirme de dahil olmak üzere sürdürülebilir su kaynaklarını tüm yönleriyle daha verimli ve etkin bir şekilde ele almak üzere kurumların güçlendirilmesi.
- Eğitim, öğretim ve iş tatmini ve performansına elverişli çalışma koşullarının oluşturulması dahil olmak üzere her düzeyde bireysel becerilerin geliştirilmesi.

Başta verimli sulama sistemlerine ilişkin en iyi uluslararası uygulamalar ile su kullanımını optimize etmeye yönelik toprak ve ürün yönetimiyle ilgili konuları içermek üzere sulama sistemlerinin yönetimindeki ana hususları kapsayan bir Kapasite Geliştirme Planı vasıtasıyla tüm bu kabiliyetler geliştirilebilir.

Bu düşünceden hareketle kapasite geliştirme planı aşağıdaki aşamaları içermelidir:

- Kapasite Geliştirme Planı hazırlanması: Kapasite geliştirme planının hazırlanması, su yönetimine ilişkin kurumun kapasite ihtiyaçlarını değerlendirebilecek ve beklenen hedefleri yerine getirmek üzere özel bir program hazırlayabilecek su uzmanları, proje yönetimi ve eğitim-öğretim



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

konusunda çalışanları içeren ve farklı uzmanlıklar gerektiren bir ekip çalışması olmalıdır. Bu kapsamda aşağıda belirtilen faaliyetler yerine getirilmelidir:

- Sulama yönetimi ve çiftçilerin kapasite geliştirme ihtiyaçlarının değerlendirilmesi: Mevcutta geliştirilen ve gelecekte geliştirilmesi öngörülen faaliyet ve çalışmaların kapsamlı bir analizi ve sulama yönetiminden sorumlu kişilerin ve çiftçilerin mevcut bilgi ve becerilerinin tespiti.
- Kapasite geliştirme programının hazırlanması: Değerlendirilen gereksinimlere göre tüm öğretim ve uygulamaya yönelik eğitim faaliyetlerini içeren özel bir kapasite geliştirme programının hazırlanması ve her bir faaliyet için hedef kitle ile uygulama takvimi belirlenmesi.

3.2.6. Suyun Fiyatlandırılmasına İlişkin Tedbirler

Mevcut durumda Türkiye’de tarımsal sulama konusunda yetkili birimler tarafından çiftçilere sulama altyapısı sağlanmakla birlikte çiftçilerden kullandıkları su için ödeme alınmamaktadır. Ancak sulama organizasyonunu yapan kooperatif ya da sulama birliğinin sulama hizmetini sürdürebilmesi için giderlerinin karşılanabilmesi gereklidir. Bu nedenle çiftçiye kullandıkları su oranında işletme gideri tahakkuk ettirilmektedir. Bu giderin/değerin içinde kullanılan suya dair bir bedel yoktur. Pompajlı sulamalarda bu değer, enerji giderinden dolayı cazibeli sulamalardan daha fazladır. Bu bedel aynı zamanda suyun tasarruflu kullanılmasını da teşvik etmektedir.

Enerji fiyatlarının yüksekliği bu konuda farklı çözümler üretme gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Bu çözümlerden bir tanesi sulama altyapısına alternatif enerji kaynaklarının entegre edilmesidir.

Bu konuda yapılacak diğer bir önlem ise enerjinin daha ucuz olduğu saatlerde sulama yapılması için çiftçinin yönlendirilmesidir. Bu yönlendirmenin çiftçinin lehine yansıtılabilmesi için sulama sahasında kapsamlı bir ölçme ve izleme sistemi kurulması gerekir.

Çiftçiye direkt yansımaları sebebiyle suyun ölçülmesi ve fiyatlandırılması konusuna önem verilmelidir. Doğru ölçülemeyen suyun işletme maliyeti açısından doğru fiyatlandırılması da mümkün değildir. Uygun yerlere yerleŐtirilen su ve enerji ölçer sayaçlar ile proje sahasının tamamında kullanılan toplam suyun maliyeti hesaplanmalıdır. Ancak kullanılacak her türlü ölçme aygıtının da bir ilk yatırım maliyeti olduğu da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle uygun şekilde fiyatlandırma yapılabilmesi için gerekli sayıda ve nitelikte ölçme aygıtı kullanılmalıdır.

Kullanılan suyun doğru ölçülmesi için, suyun tarlaya ulaŐtığı nokta olan tarla vana odası içinde debi ölçer sayaç teşkil edilmelidir. Ayrıca Őebeke üzerindeki su alma vanalarında debi ölçer sayaç konularak, su alma vanasından beslenen tarla vanaları tarafından kullanılan suyun toplam miktarı kontrol edilebilir. Tüm Şebekeye hizmet eden anaboru hattı ya da hatlarının başına konulacak debi ölçer sayaçla da, proje kapsamında kullanılan suyun tamamı ölçülebilecektir. Böylece toplam kullanılan su miktarı ile su alma vanalarında ölçülen toplam su miktarının kıyaslanmasıyla, sistemde olası kayıp/kaçak durumu tespit edilebilir. Daha kesin olması ve ölçülebilir olması sebebiyle fiyatlandırmanın m³ su değerini üzerinden yapılması daha uygun olacaktır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Uygun ve uygulanabilir bir sulama tarifesinin oluşturulabilmesi için mevcut tarifelerin değerlendirilmesi ve güncellenmesi gerekmektedir. Mevcut tarifelerin tipi ve değerindeki herhangi bir yenilik ve güncelleme, su kaynağı, mevcut altyapıların değeri ve performansı, işletme ve bakım özellikleri ve maliyetleri, çiftçi tipi ve çiftçilerin ödeme gücü, sayaç ve faturalandırma sistemleri, faturalanan hacimlerin tahsilat oranı vb. ile ilgili çeşitli unsurların kapsamlı bir analizini gerektirecektir. Tüm bu değişkenler analiz edilerek değerlendirilmelidir.

Tarifeler, sulama yönetimleri tarafından, bir yönetim aracı olarak da kullanılabilir.

3.3. Sulama Verimliliğine Etki Eden Uygulama Örnekleri

3.3.1. İyi Yönetim Uygulamalarına Örnek Olarak İyi Tarım Uygulamaları Kodu

Geleneksel hayvan yetiştiriciliği ve tarımsal uygulamaların terk edilmesi tarıma yeni bir yön vermiştir. Modern tarımdaki gelişmeler gübrelemenin, tarımsal mekanizasyonun ve yeni sulama sistemlerinin kullanımını artırmıştır. Bu durum, tarımsal üretimde verim artışına, dolayısıyla çiftçi gelirlerinde iyileşmeye neden olmuş ancak çevre ve insan sağlığına yönelik bazı problemlere yol açmıştır. Bundan dolayı, günümüzde çiftçilere düşen görev sadece üretimi artırmak değil, aynı zamanda çevre dostu tarımsal üretim ve tarımda kültürel mirasın (geleneksel uygulamaların ve yaşayan geleneklerin korunması) korunmasını da sağlamaktır. Oluşan problemlerin çözümü ve olumlu gelişmelerin sürekliliğini sağlamak için, çiftçiler "İyi Tarım Uygulamaları Kodu" olarak adlandırılan düzenlemeleri uygulamalıdır.

İyi Tarım Uygulamaları Kodunun temel amacı; nitrat kirliliğini azaltmak, tarım arazisine uygulanacak hayvan gübresi miktarının 170 kg N/ha/yıl, yeraltı ve yerüstü suyundaki nitrat konsantrasyonunun 50 mg NO₃/L miktarını geçmemesini ve ötrofikasyonun önlenmesini sağlamaktır (Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği Eki).

Su kirliliğinin önlenmesine yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu çiftçiler için pratik bir kılavuz niteliğindedir ve su kirliliği riskini en aza indirmek için bazı yönetim uygulamalarını içerir. İyi Tarım Uygulamaları Kodunun, çiftçilerce uygulanması temelde gönüllülük esasına dayanır. Ancak; Nitrate Hassas Bölge (NHB) olarak belirlenmiş yerlerde, çiftçiler sulardaki nitrat kirliliğini azaltmak için yetkili kurum tarafından hazırlanacak eylem planlarına uymak zorundadır.





Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Şekil 43. İyi Tarım Uygulamalarından Örnekler.

Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İyi Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği Eki'nde alınabilecek önlemler detaylandırılmıştır. Şöyle özetlenebilir;

■ Arazi Yönetimi

Tarım sektöründe, artan çevre kirliliğinin önüne geçilmesi ve kaynakların korunması bakımından arazi yönetimi çalışmaları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. En iyi arazi yönetim uygulamalarının tercih edilmesi, arazilerin sistemli bir şekilde yönetimi açısından önemlidir. İyi Tarım Uygulamaları Kodu kapsamında aşağıdaki tedbirler önerilmiştir:

- Sürdürülebilir kaynak kullanımına dayalı tarım sistemlerinin geliştirilmesi, yerleşim yerleri, sanayi alanları vb. için verimli tarım arazilerinin kullanımının engellenmesi ve çevrenin korunmasının sağlanması için arazi kullanım planlamasının yapılması.
- Hayvan gübresi veya kimyasal gübrelere toprağa uygulanmasında oluşacak kirliliği azaltmak için yapılacak arazi yönetimi.
- Tuzlu-Alkali ve Asit Topraklarda tarım sistemlerinin uygulanabilmesi için toprakların yönetimi.
- Kritik eğim değerleri, yağış, bitki örtüsü ve tekstür dikkate alınarak belirlenen yüzey akış ve erozyon kontrolü (teraslama).
- Bitkilerin büyüebilmesi için uygun şartların oluşturulmaya çalışıldığı, ekim-dikim döneminde ve tohum yatağı için toprağın hazırlanmasına yönelik toprak işleme çalışmalarının yapılması.
- İklimle bağlı olarak gübrelere yıkanma riskinin önüne geçebilmek için arazi yönetimi.
- Yerel bitki örtüsüne bağlı olacak şekilde toprağın korunmasına yönelik alınması gereken önlemler.
- Yüzey su akışının toprağa zarar vermesini önleyecek bitki örtüsü önlemleri.
- Toprağın organik madde ve su tutma kapasitesinin artırılması için ekim nöbeti uygulaması.
- Hasattan sonra kalan bitki artıklarının (anız) yönetimi.
- Bitki örtüsü gibi toprağı örten ve toprakta farklı ayrışma sürelerine sahip olan organik ya da inorganik maddelerden oluşan örtü katmanı (malçlama) yönetimi.



Şekil 44. Farklı Malçlama Uygulamaları.

■ Gübreleme



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Bitkilerin beslenmeleri için gerekli olan bitki besin maddelerinin başında Azot, Fosfor ve Potasyum gelir. Bunlar bitkilerin en çok ihtiyaç duydukları besin maddeleri olup, tarım topraklarında da genellikle yeterli kadar bulunmamaktadır. Gerek ürünleri beslemek için gerekse toprak içinde sızan sular önemli miktarda besin maddelerini topraktan uzaklaştırır. Bunun sonucu topraklar besin anlamında fakir düşer ve bitkileri yeterince besleyemez hale gelir. Bu nedenle aynı topraktan sürekli bir şekilde iyi ürün almak için o toprağa eksik olan bitki besin maddelerinin verilmesi gerekir. Bu ihtiyaç gübreleme ile giderilir.

Gübre optimizasyonu kavramı son yıllarda çok gündemdedir. Büyük veri analizlerine dayanan gübre optimizasyonu, çiftçilerin en yüksek ürün verimine, en ekonomik yoldan ulaşmasının yoludur. Gübre optimizasyonu, bir tarladaki bir bitki çeşidi için ihtiyaç duyulan gübrenin, farklı oranlardaki farklı tür gübrelerin karışımıyla oluşturulması demektir. Hem tarla hem de ürün türüne göre değişiklik gösterir. Çiftçilerin çoğu hala deneme yanılma ve tahminlere güvenmektedir. Sonuç çoğu zaman verim potansiyelini karşılamayan ürünler ve artan çevre kirliliğidir.

Gübrenin gereğinden az veya fazla verilmesi, gübrenin toprağa faydasını azaltmaktadır. En uygun gübre türüne ve miktarına karar verebilmek için mutlaka gübre verilecek toprakta analiz yapılmalıdır. Bu bakımdan, gübre kullanımının optimize edilebilmesi için tarımsal gübreleme yazılımları vardır. Tarımsal yazılımlar çözüme ulaşabilmek için sulama sahasında mevcut olan veri toplama araçlarını (meteorolojik istasyon, dron vb.) kullanmaktadır. Doğru kullanımın sağlanabilmesi durumunda çiftçiye ek gelir kazandıracak ve zamandan tasarruf sağlayacaktır. Kutu 1'de bu tür bir yazılıma örnek verilmiştir.

Gübre toprağa serpmeye, bant usulü, üstten-yandan gübreleme ya da damla sulama şeklinde verilebilir. Besin maddesinin türüne göre uygulama yöntemleri ve uygulama zamanları farklılık gösterir. Gübre uygulama zamanı;

- Bölgenin iklimine,
- Toprağın karakterine,
- Bitkinin cinsine,
- Gübrenin çeşidine bağlıdır.

İyi Tarım Uygulamaları Kodu kapsamında aşağıdaki tedbirler önerilmiştir:

- Toprak analizi yapılarak gübreleme işleminin planlanması (optimizasyonu).
- Hayvancılık işletmelerinde büyükbaş hayvan birimi ve çiftlik gübresinden gelen azot miktarının hesaplanması.
- Toprak ve iklim şartları da dikkate alınarak azotlu gübrenin seçilmesi.
- Gıda ürünlerinden uzak yerde muhafaza edilmesi gereken kimyasal gübre önlemleri.
- Hayvan gübresinin uygulama esasları.
- Kanatlı hayvan gübresinin uygulama esasları.
- Küçükbaş (Koyun-Keçi) hayvan gübresinin uygulama esasları.
- Su içeriği yüksek yeşil yem bitkilerinin, havasız ortamda süt asiti bakterilerinin etkisiyle fermantasyona uğratılmaları suretiyle elde edilen ve doğa için kirletici özellikli olan silaj suyunun yönetimi.
- Kimyasal ve hayvansal gübreler için uygulama homojenliğinin sağlanması.
- Göller, su yolları ve kuyulara yakın yerlerde her türlü gübre kullanılmamasına yönelik uygulama.
- Gübreleme için uygun olmayan dönemlerin tespit edilmesi.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

**3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER**

- Türkiye tarım bölgesi haritasına bağlı olarak hayvan gübresi uygulama dönemleri.
- Örtüaltı yetiştiricilik yapılan seralarda gübre yönetimi.
- Gübrelere gelen azot ve diğer kirleticilerin toprağa zarar vermemesi için uygun şekilde muhafazası.
- Hayvan gübresi yönetim planı.
- Tarımsal işletmedeki atık suların toplanması/uzaklaştırılması.
- Tarımsal işletmedeki katı atıkların yönetimi.
- Katı ve sulu hayvan gübresinin depolanması esasları.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havza Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kutu 1. Gübreleme Optimizasyonu Yazılım Örneği: OFRA Programı

OFRA Programı Kullanılarak Yapılan Gübre Optimizasyonu Girdi Sayfası.
Kaynak: Kayuki ve ark., (2017).

NIGERIAN DERIVED SAVANNA AEZ

Producer Name: XXXX
Prepared By: XXXX
Date Prepared: April 18, 2016

Crop Selection and Prices		
Crop	Area Planted (Ha)*	Expected Grain Value/kg †
Maize HP>3t	1	50
Maize LP<3t	1	50
Cassava	1	20
Rice upland	1	67
Rice lowland	1	67
Groundnut (unshelled)	1	120
Soybean	2	120
Total	8	

Fertilizer Selection and Prices

Fertilizer Product	N	SSP	K2O	Zn	Costs/50 kg bag ₺*
Urea	46%	0%	0%	0%	5500
Triple single Super phosphate, S	0%	18%	0%	0%	4500
Diammonium phosphate, DAP	18%	46%	0%	0%	0
Murate of potash, KCL	0%	0%	60%	0%	7000
ZnSO4	0%	0%	0%	12%	20000

Budget Constraint

Amount available to invest in fertilizer (N) 55,000

Optimize

A. Hasat zamanında her bir bitki için beklenen ürün miktarı (mahsul) bu alana yazılır.

B. Satın alım, taşıma ve uygulama maliyetleri dahil gübre maliyeti. Örneğin 5. Gübre olarak ZnSO₄ (Çinko Sülfat) eklenmiştir.

C. Çiftçinin gübre kullanımı için yapması gereken yatırım miktarı girilir.

D. Optimizasyon yapılması için sol tuş ile tıklanır.

OFRA Programı Kullanılarak Yapılan Gübre Optimizasyonu Çıktı Sayfası.

Kaynak: Kayuki vd., (2017).

Fertilizer Optimization						
Crop	Application Rate - kg/Ha					
	Urea	SSP	DAP	KCL	ZnSO4	
Maize HP>3t	56	5	0	0	7	
Maize LP<3t	5	0	0	11	7	
Cassava	122	15	0	29	0	
Rice upland	0	0	0	0	0	
Rice lowland	0	0	0	0	0	
Groundnut (unshelled)	0	0	0	0	0	
Soybean	0	0	0	0	0	
Total fertilizer needed	183	20	0	39	14	

Expected Average Effects	
Crop	Yield Increase
Maize HP>3t	1,40
Maize LP<3t	793
Cassava	16,74
Rice upland	1,73
Rice lowland	709
Groundnut (unshelled)	201
Soybean	85
Total Expected Net Returns to	
Total net returns to investment in fertilizer (N)	

Net Returns	
Net Returns	Net Returns
60,782	34,791
316,063	104,453
43,319	20,804
8,760	
Fertilizer	597,732

E. Her bir gübre ve ürün için uygulama oranı verir.

F. Her bir ürün için, beklenen ortalama ürün verim artışı ve gübre kullanımının net geri

G. Gübre kullanımının ortalama toplam beklenen net geri dönüşü verir. N için 597,732.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

■ Sulama

Bitkinin normal gelişimi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun, bitki kök bölgesindeki toprağa gereken zamanda, gereken miktarda ve kontrollü olarak verilmesidir. Verimli sulama yöntemleri kullanılarak (daha önceki bölümlerde detaylı bilgi verilmiştir), yalnızca su kaynakları verimli kullanılmamakta ayrıca nutrientler bitki köküne veya sulama alanına sulama tekniği ile verilebilmektedir (rneğin, fertigasyon prosesi). Fertigasyon prosesi ile, verimli sulama sistemlerinden daha fazla fayda sağlamak amacıyla, sulama sistemlerinin başlangıcında filtrelerden önce gübre enjektörleri yerleştirilebilir. Örneğin, damla sulama uygulamalarında daha fazla fayda-maliyet oranlarına ulaşmak için iyi bir uygulamadır (Abdul Hakkim vd., 2016). Fertigasyon prosesinin avantajları ve dezavantajlarına Kutu 2’de yer verilmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

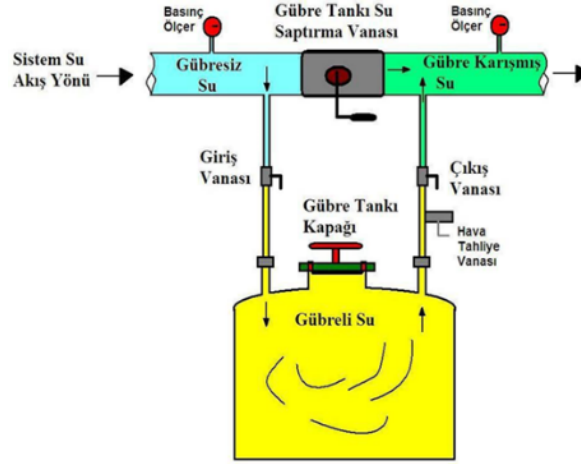
3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kutu 2. Fertigasyon İşlemi

Fertigasyon, bitki besin maddelerinin (katı ve sıvı gübrelerin) sulama sistemlerindeki suyla birlikte, özellikle bitkinin kök bölgesi civarında bulunan toprağa uygulanmasıdır. Fertigasyon yöntemi ile gübreleme, damla sulama yönteminin kullanımındaki artışla beraber artmaktadır. Bu yöntem ile;

- Kök bölgesinde aşırı nemden dolayı oluşacak hastalıkların önlenmesi,
- Gübrelerin etkili kullanılması ve gübre kayıplarının en az düzeye indirilmesi,
- Sulama randımanının artırılması,
- Ekonomik olması,

gibi avantajlar sağlanmaktadır.



Fertigasyon Yöntemi ile Gübreleme için Gübreleme Tankı Çalışma Prensipleri. Kaynak: www.misbell.net

Bunun yanında;

- Mevcut sulama sistemlerine ilave bazı alet ve ekipmanlara ihtiyaç duyulmasından dolayı ilk yatırım maliyeti olması,
- Sulama suyundan gelen askı maddelerin tıkanmaya yol açmaması için filtre düzeneği ihtiyacı,
- Toprakta EC (Electrical Conductivity, Tuzlanma) değerinin takibini gerektirir. Gübre içeriklerinde tuzluluk oluşturan klor (Cl) ve sodyum (Na) gibi elementlerin bulunmaması,
- Birden fazla çeşit gübre verilmesi durumunda, karıştırılmaması gereken gübre cinslerine dikkat edilmesi,
- Gübreleme öncesi ve sonrasında sistemin karışimsız su ile çalıştırılması,
- Sezon sonunda damla sulama sistemi %0,3'lük HNO₃ (nitrik asit) ile çalıştırılarak temizlenmesi gerekmektedir.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

■ **Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımı**

Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini artırmak, zararlı organizmaları kontrol altına almak için entegre mücadele prensipleri çerçevesinde kültürel, fiziksel, biyolojik, biyoteknik ve kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmaktadır.

Zararlılara, hastalıklara ve yabancı otlara karşı mücadele yöntemleri aşağıdaki şekilde verilebilir:

- Toprak işleme, gübreleme, seyrek yetiştirme, doğru sulama-drenaj, gençleştirme, budama, alet ekipmanların temiz tutulması, dayanıklı bitki çeşitlerinin tercih edilmesi, ekim-dikim-hasat zamanının ayarlanması, münavebe, otla mücadele gibi düşük maliyetli ancak az etkili sayılabilecek kültürel yöntemler,
- Zararlıların toplanması (varsa yuvalarının bozulması), engellenmesi (yapışkan macun, telçit vb.), tuzaklarla yakalanması (yem, yapışkan bant, kapan vb.), toprağın güneşlenmesi, suya daldırma, malçlama gibi fiziksel ve mekanik müdahaleye dayalı yöntemler,
- Yurtdışından hastalık ve zararlıların girişini, ya da bir bölgede rastlanan hastalık ve zararlıların başka bölgelere bulaşmasının engellenmesine yönelik alınacak önlemler için, kanuni mücadeleye dayalı yöntemler,
- Zararlılara cazip gelen ve biyoteknik yöntemlerle üretilmiş maddelerle yapılan yöntemler (feromonlu ve cezbedici tuzaklar),
- Bir canlı ile mücadele için başka bir canlının kullanılmasını esas alan biyolojik mücadele yöntemleri,
- İstenmeyen, maliyetli, insan ve doğa için zararlı ve ancak en etkili ve en çok kullanılan, kimyasal etken maddeler kullanılarak yapılan, diğer bir adıyla ilaçlı mücadele yöntemleri,
- Bir ya da birden fazla yöntemin kullanılmasını esas alan ve son yıllarda büyük önem verilen entegre mücadele yöntemi.

Gübreleme ve zararlılarla mücadele, bir anlamda benzer amaçlara sahip ve birbirini tamamlayan önlemlerdir. Gübre ile güçlendirilmiş bitki, zararlılara karşı da daha dirençli olacaktır ve daha az zirai mücadele ihtiyacı olacaktır. Farklı ürün ve ürün sınırları için çok detaylı olarak hazırlanmış olan Entegre Mücadele Teknik Talimatları'na, tarım il müdürlüklerinin yanı sıra, Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM Yayınları'ndan ulaşılabilir.

■ **Ötrofikasyonun Önlenmesi**

Sularda azot ve fosfor miktarının artması alg ve yüksek yapılı bitkilerin aşırı çoğalmasına sebep olmaktadır. Ötrofikasyon; buna bağlı olarak oksijen seviyesinin azalmasıyla su kalitesinin ve su yaşam ortamının bozulmasıdır.

■ **Kayıtların Tutulması**

İlgili yönetmeliği uyarınca çiftçiler, tarımsal ya da hayvansal işletmeyle ilgili belirlenmiş bilgileri içeren kayıtları yıllık olarak tutmakla yükümlüdür. Kayıtlar 01 Ocak – 31 Aralık tarihleri arasında kapsamalıdır. Kayıtlar işletmede muhafaza edilmeli ve Bakanlığın ilgili bilgi sistemine düzenli olarak işlenmelidir. Söz konusu kayıtlar beş yıl saklanır.

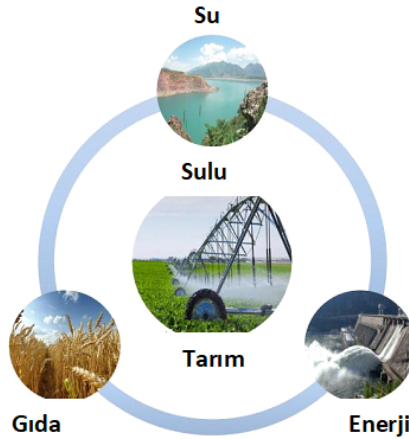


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.3.2. Su-Enerji-Gıda Bağı Yaklaşımı

Sulamaya dayalı tarım, artan nüfus ve gıda ihtiyaçları nedeniyle özellikle su kıtlığı gözlenen yerlerde Su-Enerji-Gıda (SEG) bağı önemli bir yaklaşımdır. Bu kapsamda, büyük öneme sahip olan su güvenliği, enerji güvenliği ve gıda güvenliği konularının bütüncül bir yaklaşım ile değerlendirilmesi günümüz ve gelecek koşullarına uyum sürecinde dikkate alınması gereken unsurlardandır. Sektörler arası etkileşimlerin sürdürülebilir bir şekilde geliştirilebilmesi adına SEG bağı yaklaşımı su kaynaklarının bütüncül yönetimi açısından ortaya koyulmuştur (Hamidov and Helming, 2020). Şekil 45, SEG bağının sulamaya dayalı tarım ile ilişkisini göstermektedir. Bu yönetime göre, üç sektörün birbirleri arasında etkileşimi göz önünde bulundurularak, her birinin bir diğerini etkilediği dikkate alınarak sektörler arası bakış açısına sahip yaklaşımlar geliştirilmelidir. BM FAO tarafından SEG Bağı yaklaşımı, bütüncül bir sürdürülebilirlik yaklaşımı ile çeşitli amaçlar, ilgiler, insan ve çevre ihtiyaçları arasındaki dengenin kurulması şeklinde tanımlanmaktadır. Burada insan ve tabii sistemler arasındaki geri bildirimler ve karmaşık etkileşimler vurgulanmaktadır. Etkileşimler; demografik değişimler, kentleşme, endüstriyel gelişme, tarımsal modernizasyon ve bölgesel ticaret, pazarlar ve fiyatlar, teknolojik gelişmeler ve iklim değişikliğinin yanı sıra yönetim süreçleri gibi çeşitli etmenler bağlamında gelişmektedir. Bu etmenler genellikle kaynak temeli üzerinde bir etkiye sahiptirler. Çevresel bozulmalara ve kaynak kıtlığına neden olup, aynı zamanda farklı sosyal, ekonomik ve çevresel hedefleri de etkilemekte ve bunlardan etkilenmektedirler (Bkz. Şekil 46).



Şekil 45. Su-Enerji-Gıda Bağı'nın Sulamaya Dayalı Tarım İle İlişkisi.

Gıda güvenliğinin sağlanması adına, su ve enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı büyük öneme sahiptir. Sulama sistemlerinde meydana gelen su kayıpları aynı zamanda sulama tipine bağlı olarak enerji tüketimlerinin de artmasına yol açmaktadır. Örnek olarak, %50 sulama randımanı olan bir pompaj sulamada, su kayıplarına ilave olarak tahminen iki katına çıkan enerji tüketimini de göz önünde bulundurularak değerlendirme yapmak gerekmektedir. Buna ilave olarak, pompa verimindeki farklılıklar, pompa bakımlarının yeterli düzeyde yapılamaması ve zamanla meydana gelen pompa verimindeki düşüşler olumsuz etkilemektedir. Bu açıdan, artan enerji tüketimi yalnızca suyun direkt sulamada kullanımından kaynaklı su israfını değil aynı zamanda enerji üretim yöntemine bağlı olarak kullanılan suyu da dikkate almayı gerektirir. Ayrıca, çevresel etkisi bakımından, yenilenebilir enerji alternatifleri de tercih

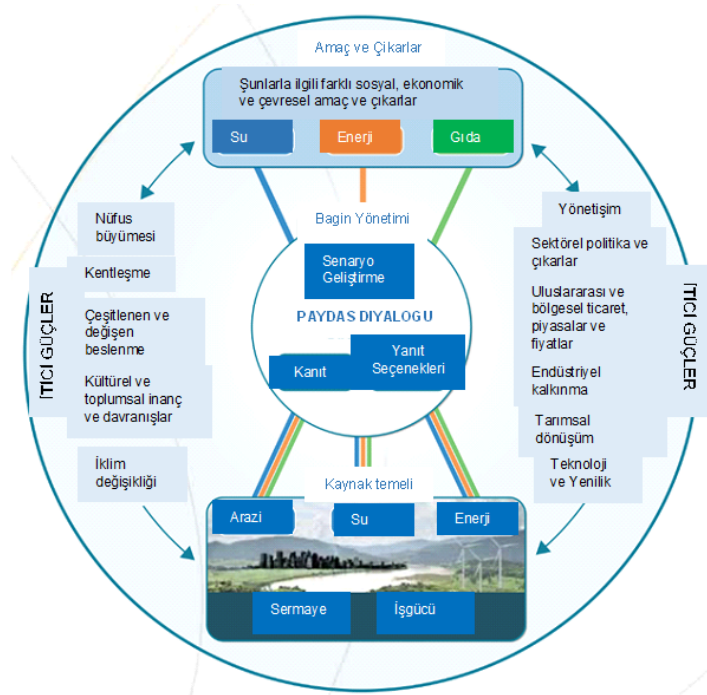


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

edilmeye başlamıştır. Birbirini etkileyen bu faktörler neticede, sürdürülebilirliğin sağlanması adına birlikte değerlendirilmelidir.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının (fosil yakıtlar) da tercih edilmesi hem enerji üretimi bakımından su kaynaklarının kullanımı hem de çevreye olan olumsuz etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji alternatiflerine (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, biyo kütle enerjisi vb.) verilen önemi de artırmaktadır. Dünya’da birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesine yönelik girişimlerde bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak, İsveç, enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %70’ini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadır (EUROSTAT, 2020). Tarımsal sulama sektörü içinde bu uygulamalara ilişkin çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Aşağıda Kutu 3 ile sulama sistemlerinde bir yenilenebilir enerji kaynağı örneği olarak güneş enerjisi uygulamasına ilişkin bilgiler yer almaktadır.



Şekil 46. SEG'e FAO Yaklaşımı.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kutu 3. Sulamada Yenilenebilir Enerji Kaynağı Örneği: Güneş Enerjisi

Özellikle pompajlı sulama sistemi kullanılan sahalarda enerji gideri yüksektir. YAS Sulamaları da bu kapsamda değerlendirilir. Bu durum işletme maliyetlerini yükseltirken yapılan yatırımın geri ödeme süresini de uzatmaktadır. Yüksek enerji giderlerinin azaltılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynakları da (Güneş Enerji Santralleri (GES), Rüzgar Enerji Santralleri (RES) vb.) dikkate alınabilir. Rüzgar Enerji Santralleri, özellikli alan gerektirmesi ve ilk yatırım maliyetleri dikkate alındığında sulama işletmeleri için öncelikli seçenek olmamıştır. Güneş Enerji Santralleri, ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen, yüksek enerji gideri olan pompajlı sulamalarda, uzun vadede faydası yüksek bir yatırıma dönüşmektedir.

YAS Sulamaları'nda pompaların sulama sahasında dağıtık şekilde olması, pompaya yönelik güneş enerji santrali kurulumunu daha zorlu ve maliyetli hale getirmektedir. Her bir kuyuya ayrı ayrı hizmet edecek GES yerine, tüm sahanın enerji ihtiyacını karşılayacak kapasitede GES yatırımı yapılması da mümkündür. Ayrı ayrı yapılacak GES yatırımları için altyapı maliyeti daha yüksek olacaktır.

Sulama sistemlerindeki pompalar özellikle sulama sezonunda çalıştırılmaktadır. Sulama sezonu dışında ise hiç çalışmamaktadır. Bu durumda kullanılan enerji (pompa) ve elde edilen enerji (GES) vakitleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle bağımsız bir alanda (proje alanından çok uzak bir mevkide bile olabilir) kurulacak GES ile 365 gün elde edilen enerjinin enerji sağlayıcıya satılması ve pompaların ihtiyacı olan enerjinin de mevcut enerji şebekesinden alınması işlevsel bir çözüm olacaktır.

Güneş enerji santralleri imal edilmeden önce kurulacak alanda tozluluk, rüzgar, güneş radyasyonu vb. değerlerin uzun dönem ölçümleri yapılır. Elde edilen değerlere göre birim alandan ya da birim panelden bir yılda elde edilebilecek enerji takriben hesaplanır.



Sulama Sistemlerinde Güneş Paneli Kullanımı. Kaynak: www.enerjimag.com

Sulama sistemlerindeki pompaların güçleri ve yıllık çalışma sürelerinden yola çıkılarak, sulama sisteminin yıllık enerji ihtiyacı ve maliyeti hesaplanabilir. Sistemin ihtiyacı olan bir yıllık enerjiyi karşılayabilecek güneş paneli büyüklüğünün hesaplanabilmesi için ölçümlerden elde edilen değerler de kullanılır.

GES yatırımının ihtiyacın üstünde olması durumunda, ilk yatırım maliyeti fazla olmasına rağmen uzun vadede gelir getiren bir yatırıma dönüşebilir. Ancak bu durum sulama yönetimleri için çok tercih edilen bir yaklaşım değildir. Sulama yönetimlerinin öncelikli amacı, sulama kapsamındaki enerji giderlerinin karşılanması olmalıdır. Bu nedenle mümkün olan en az yatırımla, ihtiyacı karşılayacak GES kurulumu tercih edilmelidir.

Üretim ve teknolojiye gelişim, GES kurulum maliyetlerinin düşürmeye devam edecektir. Günümüz şartlarında yıllık 1 MW kapasiteli Güneş Enerji Santralinin ilk kurulum maliyeti 1.000.000 \$ ve kurulum için ihtiyaç duyulan alan 2,0 ha'dır. Elde edilen tecrübelerde GES için ilk kurulum maliyetinin, yıllık enerji giderinin 5~6 katı mertebelerinde olduğu tespit edilmiştir.

(Kaynak: DSİ (2018). *Terfili Sulama İhtiyaçları İçin Güneş Enerji Santrali (GES) Tesisi Kurulumu Fizibilite Raporu*)

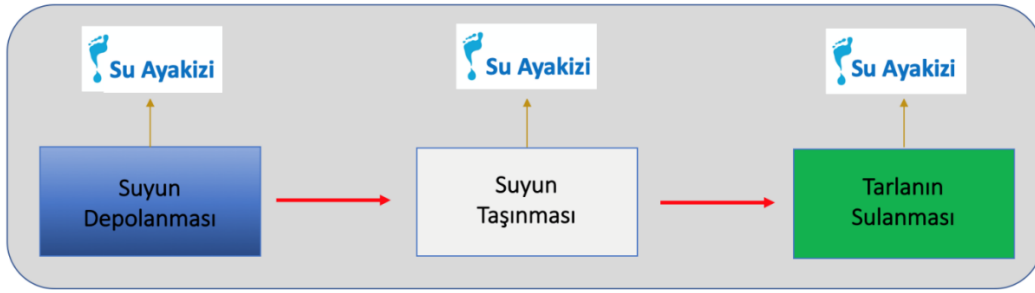


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

3.3.3. Tarımsal Sulamada Su Ayak İzi Hesaplamaları

Tarımsal sulama, suyun kaynaktan alınıp, taşınması ve tarlada sulamanın gerçekleştirilmesi süreçlerini içermektedir. Bu aşamaların her birinin su ayak izi vardır (Bkz. Şekil 47). Tarımsal sulamadaki su ayak izinin hesaplanmasında, CROPWAT ve AQUACROP gibi modellerden faydalanılabilmektedir. Bir mahsulün su ayak izi hesaplamalarını gerçekleştirebilmek için bazı veri kaynaklarına ihtiyaç duyulur. Bunlar; iklim verisi, bitki parametreleri, bitki haritaları, mahsul verimleri, toprak haritaları, sulama haritaları, gübre uygulama oranları, pestisit uygulama oranları, sızıntı akış oranı, ortama ait su kalitesi standartları, alıcı su kütlelerindeki doğal konsantrasyonları, giriş suyunun gerçek konsantrasyonudur (Hoekstra vd., 2011).

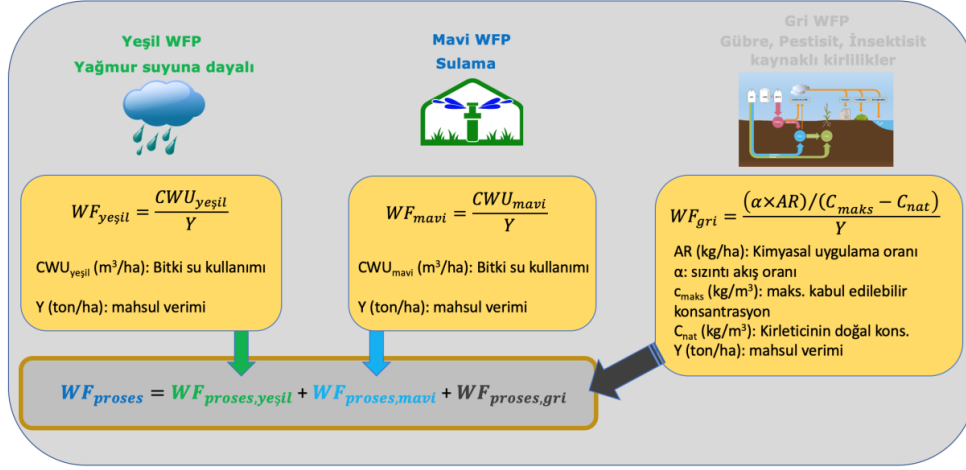


Şekil 47. Sulamadaki süreçler ve su ayak izi: suyun depolanması, suyun taşınması ve tarlaların sulanması. Kaynak: Hoekstra vd. (2011).

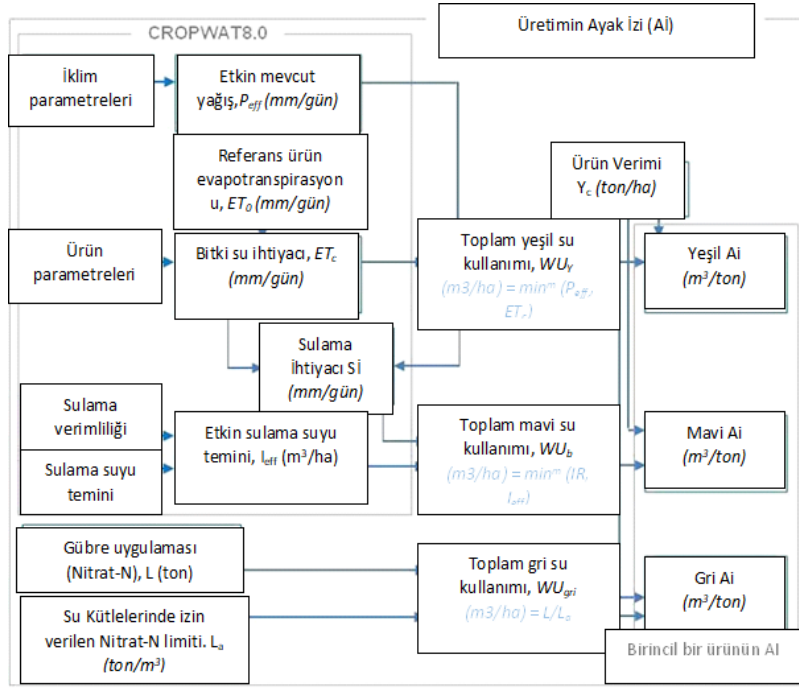
Bir mahsul ya da ağaç için su ayak izi sürecindeki yeşil su ayak izi ($WF_{\text{yeşil}}$, m^3/ton) hesabı, bitki su kullanımının ($CWU_{\text{yeşil}}$, m^3/ha) mahsul verimine (Y , ton/ha) bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Bkz. Şekil 48'de yer alan Eşitlik). Mavi su ayak izi (WF_{mavi} , m^3/ton) ise benzer bir şekilde hesaplanmaktadır (Bkz. Şekil 48'de yer alan Eşitlik). Gri su ayak izi (CWU_{gri} , m^3/ha) ise kimyasal uygulama oranının sızıntı akış oranı ile çarpılarak, maksimum kabul edilebilir konsantrasyon ile kirleticilerin doğal konsantrasyonu arasındaki farka bölünmesi ve sonrasında bunların mahsul verimine bölünmesiyle hesaplanabilmektedir. Sürecin toplam su ayak izi ise, hesaplanan yeşil, mavi ve gri su ayak izi değerlerinin toplanmasıyla elde edilmektedir (Bkz. Şekil 48). Mavi ve Yeşil su ayak izi bitkinin büyüme sürecindeki günlük evapotranspirasyon değerlerinin toplanmasıyla elde edilmekte olup, bu toplam bitki su ihtiyacını (Consumptive Water Use - CWU) vermektedir. Bu hesaplamalar, tarladaki su ayak izinin hesaplanmasına yönelik olup, suyun depolanması ve taşınmasındaki süreçleri dahil etmemektedir. Bu iki süreçteki buharlaşma kayıpları da önemli düzeyde olabilir. Bu nedenle, hasat edilen bir ürünün su ayak izi hesabı yapılırken tüm bu aşamaların dikkate alınması gerekmektedir (Hoekstra vd., 2011). Su ayak izi hesaplamalarına ilişkin olarak örnek bir akış diyagramı Şekil 49'de yer almaktadır.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.
3 Pilot Havza Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER



Şekil 48. Bir mahsul veya ağaç için su ayakizinin hesaplanması.



Şekil 49. Mahsullerin su ayakizinin hesaplanmasına yönelik akış diyagramı örneği. Kaynak: Shrestha et al. (2013).

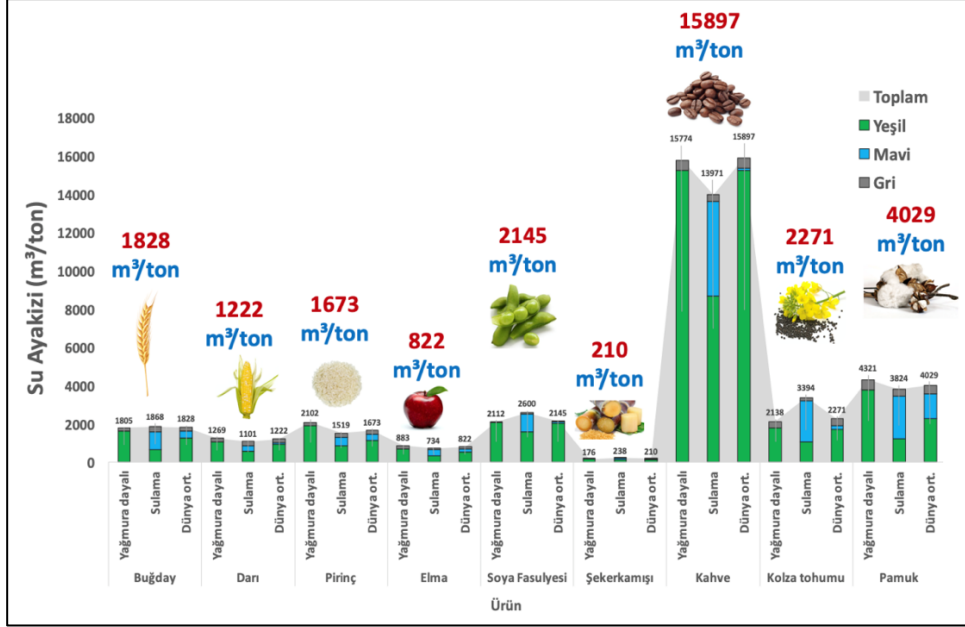
Tarımda su ayak izi kavramı üzerine, dünya çapında açık mekandaki mahsul üretimlerinin (126 çeşit ürün) 1996-2005 yılları arasındaki yeşil, mavi ve gri su ayak izleri miktarları hesaplanmıştır (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Çalışmada karelej tabanlı dinamik su dengesi modeli esas alınarak ürünlerin 1 günlük su kullanımı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda dünya genelinde tüm tarım alanlarında toplam tüketilen su miktarı 7.404 Gm³/yıl dır ve bu miktarın %78'i yeşil, %12'si mavi ve %10'u gri su ayak izidir. Belli başlı ürün grupları için ortalama su ayak izi değerleri Tablo 16'de yer almaktadır. Yağmura ve sulamaya dayalı üretime bağlı olarak seçilen bazı ürünlerin su ayak izlerine de dünya ortalaması değerleri ile beraber Şekil



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

50'de yer verilmektedir. Seçili ürünler için en yüksek su ayak izi değeri 15,897 m³/ton ile kahve, en düşük ise 210 m³/ton ile şeker kamışındadır.



Şekil 50. Bazı ürünler için yağmura dayalı ve tarımsal sulamaya bağlı su ayak izi karşılaştırması. Kaynak: Mekonnen &Hoekstra (2011).

Tablo 16. Yaygın Olan Ürün Grupları İçin Su Ayak İzleri (1996-2005). Kaynak: Mekonnen &Hoekstra (2011)

Birincil ürün kategorisi	Su Ayak izi (m³/ton)				Kalori değeri *(kcal kg-1)	Su ayak izi (1 kcal-1)
	Yeşil	Mavi	Gri	Toplam		
Şeker Bitkileri	130	52	15	197	290	0,68
Yem Bitkileri	207	27	20	254	-	-
Sebzeler	194	43	85	322	240	1,34
Kök ve Yumruklular	327	16	43	387	830	0,47
Meyveler	727	147	93	967	460	2,1
Tahıllar	1032	228	184	1644	3200	0,51
Yağ Bitkileri	2023	220	121	2364	2900	0,81
Tütün	2021	205	700	2925	-	-
Lifler, Bitkisel Kökenli	3375	163	300	3837	-	-
Baklagiller	3180	141	734	4055	3400	1,19
Baharatlar	5872	744	432	7048	3000	2,35
Sert Kabuklu Yemişler	7016	1367	680	9063	2500	3,63
Kauçuk, zamk, mum	12964	361	422	13748	-	-
Uyarıcılar	13731	252	460	14443	850	16,4



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Ayrıca küresel ölçekte, ortalama bitki su ihtiyacı, yıllık toplam üretim, sulanan alan, sulama yüzdesi, yağmur beslemesi ve sulama beslemesi durumları için verim ve yeşil-mavi-gri su ayak izi değerleri hesaplanmıştır. Buna göre; 1996-2005 yılları için tüm dünyada ortalama yeşil su ayak izi 1.232 m³/ton, mavi su ayak izi 228 m³/ton, gri su ayak izi 184 m³/ton ve toplam su ayak izi 1.644 m³/ton'dur (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

3.3.4. Mukayeseli Değerlendirme Çalışmaları

Mukayeseli değerlendirme, “sistemik bir prosesin devam eden gelişmelerindeki alakalı ve başarılı olabilir içsel ve dışsal normların ve standartların karşılaştırılarak, devam eden bir gelişme sürecinin sağlanması” şeklinde tanımlanmaktadır. Mukayeseli değerlendirmenin temel amacı, bir kuruluşun misyon ve hedeflerini göz önünde bulundurarak performansını iyileştirmektir. Bu değerlendirme, kuruluşun kendi içindeki performansının içsel hedeflere ulaşılması bakımından karşılaştırmasını kapsamakta, ayrıca diğer kuruluşlarla kıyaslamaların yapılmasına olanak sunmaktadır. Mukayeseli değerlendirme, devlet kurumları, düzenleyici/denetleyici kuruluşlar, yönetim danışmanları, çiftçiler gibi çeşitli seviyeler için kullanılabilir” (Malano & Burton, 2001).¹³

Tarımsal sulama sektörü disiplinler arası bir sektör olup, çeşitli branşların eş güdümlü çalışmasını gerektirmektedir. Bu sebeple, sistemlerin performans değerlendirmeleri yapılırken çeşitli indikatörlerin göz önünde bulunması gerekebilir. Mukayeseli değerlendirme bu bakımdan, çeşitli performans indikatörleri ile zamansal ve mekânsal olarak gerek kuruluş içindeki gerekse farklı kuruluşlarla olan karşılaştırmaların gerçekleştirilmesinde etkili bir yönetim aracıdır. Örnek olarak, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID) tarafından “Benchmarking in Irrigation and Drainage (Sulama ve Drenajda Mukayese)” isimli online bir portal bulunmaktadır¹⁴. Buradaki bazı performans indikatörlerine örnek olarak, hizmet temini performansı için sistem işletimi ve finansal indikatörler, üretkenlik verimliliği için tarımsal üretkenlik ve ekonomi, çevresel performans gibi ana başlıklar altında indikatörlere yer verilmektedir. Mukayeseli değerlendirme çalışmaları kapsamında, performans indikatörleri hedeflenen çalışmanın kapsamı ve yer alacak disipline yönelik indikatörlere göre çalışmalar özelinde güncellenebilir. Böylece, farklı bakış açılarının da dikkate alınmasıyla birlikte bütünlük bir değerlendirme yapılabilmesi açısından olanak sağlayabilir. Kutu 4 ve Kutu 5'te mukayeseli değerlendirmeye ilişkin örneklere yer verilmiştir.

¹³ Malano, H., ve Burton, M. (2001). Guidelines For Benchmarking Performance in The Irrigation And Drainage Sector (ISBN 92-5-104618-2). <https://www.icid.org/BMGuidelines.pdf>.

¹⁴ <http://oibsv3.iwmi.org>

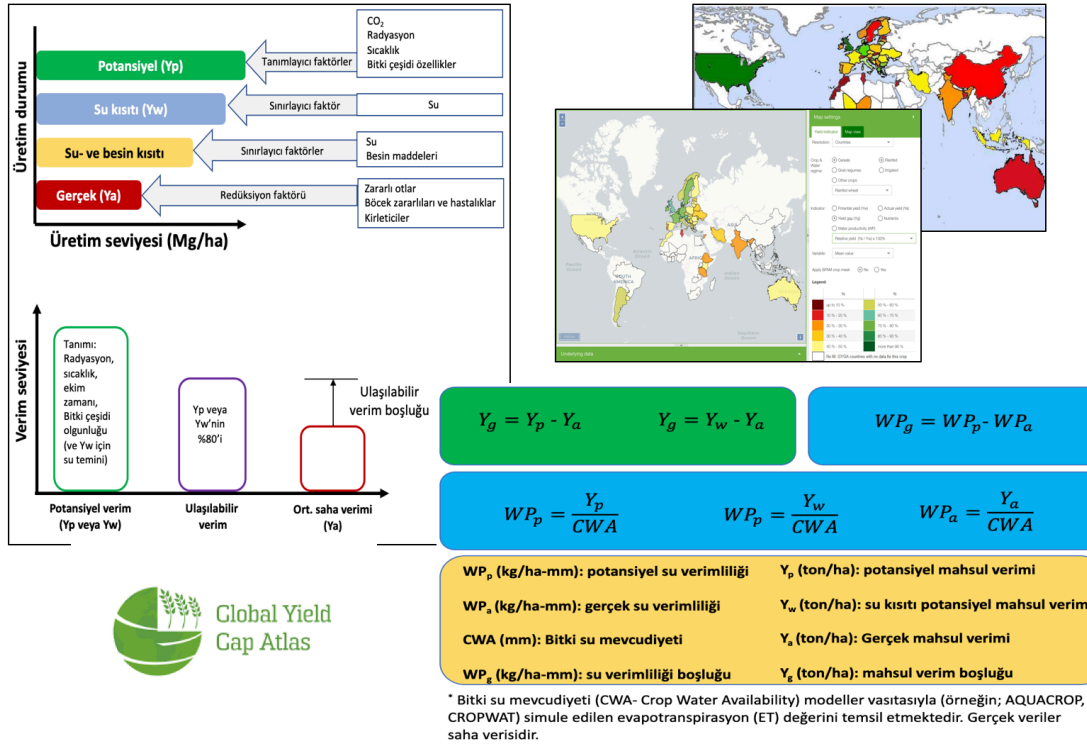


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havza Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kutu 4. Mukayeseli Değerlendirme Örneği: Verim Açığı Analizi

Küresel anlamda verim açığı konusunda yapılan çalışmalardan bir tanesi de Küresel Ürün Açığı Atlası (**Global Yield Gap Atlas – GYGA**)'dır. GYGA, 2011 yılında Nebraska-Lincoln Üniversitesi (ABD) ve Wageningen Üniversitesi'nden (Hollanda) araştırmacılar tarafından başlatılan uluslararası bir projedir. Beş kıtada 55 ülke ve tüm büyük tahıl ürünlerini içerir. İnteraktif bir uygulama olan atlas, verim potansiyeli ve verim boşluğu değerlerinin yanı sıra su verimliliği ve bitki besin gereksinimleri hakkında bilgi içermektedir. Atlas, kullanılmayan tarım potansiyellerinin belirlenerek, teknoloji ve tarımsal kalkınmaya gerçekleştirilecek yatırımların belirlenmesinde yararlanılabilecek bir araçtır. Ayrıca, gerçekleştirilen Ar-Ge yatırımlarının verim boşluğunun kapanması üzerindeki etkilerinin sayısal olarak tahmini, sürdürülebilir ürünlerdeki gelişmeler ile gıda yeterlilik derecesi ve verim açığının zamanla kapanmasının izlenmesine yönelik gelişmelerin takip edilmesi içinde kullanılabilmektedir. Ek olarak, iklim değişikliği, arazi kullanımı ve tarım kaynaklı çevresel ayak izinin etkileri gibi farklı sorunlarla birlikte, uygun zamanda ürün tahmini ile ilgili verim boşluklarını mekânsal olarak açıklamak ve azaltmak bakımından önemli bir araçtır (GYGA, 2020). Mahsul verimi ve su verimliliği boşluğu, modeller (örneğin AquaCrop) ile hesaplanan potansiyel verim ile sahadan elde edilen gerçek verimler arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. İlgili denklem ve değişkenler aşağıda yer verilmektedir.



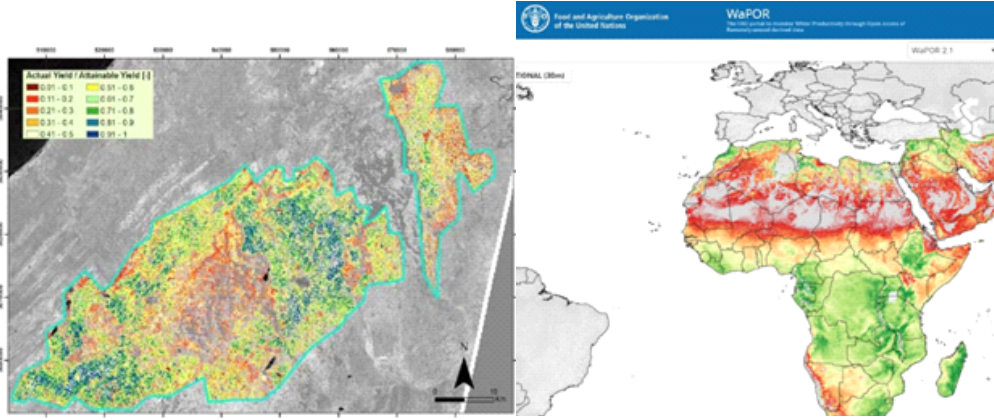


Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Kutu 5. Uzaktan Algılama Sistemi Örneği: WaPOR

Uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak ürün veriminin tahmin edilebilmesi de bir yöntemdir. Düzinelerce kutupsal yörüngeli uydu, elektromanyetik spektruma (görünür, kırmızı-kenar, kızılötesine yakın, termal kızılötesi, mikrodalga vb.) yansıyan, yayılan ve dağılmış parlaklığı ölçer. Spektral yansıma ve emisyon ölçümleri birleştirilir ve bu teknoloji, ham verileri ölçülebilir biyo-fiziksel bilgilere dönüştüren algoritmalar yardımıyla, ürün verimlerini küçük tarlalardan büyük tarımsal ortamlara ölçekler. Uydu tipine ve uydu kombinasyonlarına bağlı olarak, ürün sezonu boyunca sık sık ölçüm yapılabilir. Toplanan dijital bilgiler, kare birimlere tekabül eder ve bu birimler piksel olarak adlandırılır. Pikseller, farklı boyutlarda olabilir (ör. 30 m x 30 m veya daha yüksek çözünürlükte) ve ilgili algoritmalar uygulandıktan sonra sahadaki toplam bitki su tüketimi tahmin edilip su verimliliği değerlendirilebilir. Fas Doukkala'da uydu görüntülerinden faydalanılarak hazırlanan bir ürün yönetimi çalışması görölmektedir. Değerler, ulaşılabilir ürün veriminin, gerçekteşen ürün verimine oranını göstermektedir. (FAO ve DWFI, 2015). Verim açığı çalışmasına ek olarak, FAO tarafından geliştirilen WaPOR (Uzaktan algılanan türetilmiş verilere açık erişim yoluyla Su Verimliliğini İzleme portalı) portalı da tarımsal su verimliliğinin Uzaktan İzleme Yöntemi ile izlenmesine yönelik bir veri tabanıdır (FAO ve DWFI, 2015)



https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

4. KAYNAKÇA

Abdul Hakkim, V. M., Abhilash Joseph, E., Ajay Gokul, A. J. and Mufeedha, K. 2016. "Fertigation: A novel and efficient means for fertilizer application", International Journal of Current Research, 8, (08), 35757-35759.

Academic Dictionaries and Encyclopedias. (Erişim tarihi: Şubat 2021). *Çevre İşleri – İnşaat Mühendisliği*. Erişim adresi: https://universalium.enacademic.com/266809/environmental_works.

Aksu, C. (2017). *Hassas Alanlarda Analitik Hiyerarşi Metodu İle En Uygun İyileştirme Önlemlerinin Belirlenmesi : Manyas Gölü Örneği, Uzmanlık Tezi*, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/Ceren%20AKSU%20Uzmanl%C4%B1k%20Tezi.pdf>

Ankara Büyükşehir Belediyesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Toprak ve Gübre Bilgisi. Bilgilendirme Sunumu*. Erişim adresi: https://www.ankara.bel.tr/files/6614/3695/0175/TOPRAK_BLGS_SUNUM.pdf

Atar, B. (2018). *Determination and Assessments the Yield Gap between the Wheat Yield and Potential Yield in Turkey*. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology. 6(10), 1339-1346.

Avrupa Komisyonu (Çevre GM). (2009). Su Verimliliği Standartlarına İlişkin Çalışma. Biyo İstihbarat Servisi ve Cranfield Üniversitesi. (Temmuz 2009). Referans: 070307/2008/5208889/ETU/D2.

Avrupa Komisyonu. (Erişim tarihi: Şubat 2020). IPPC Bürosuna Ait Referans Dokümanlar. Erişim adresi: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.

Avrupa Komisyonu (EC), 2003. *Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC). (2003). Tekstil Endüstrisi İçin Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı (BREF)*.

Ayers, R.S., (1989). *Agricultural Water Quality*, FAO Irrigation and Drainage Paper No:29, Westcot D.W. Roma. Erişim adresi: <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>

Baader, J. ve ark. (2010). Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)) GmbH. *Su kayıplarının azaltılmasına yönelik kılavuz ilkeler. Basınç yönetimine yakından bir bakış*.

Berger, M. ve ark. (2012). Water footprint of european cars: potential impacts of water consumption along automobile life cycles. Environmental Science and Technology 46, 4091-4099.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (Erişim tarihi: Mart 2020). AquaCrop Software, Land and Water. Erişim adresi: <http://www.fao.org/aquacrop>

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (Erişim tarihi: Mart 2020). Crop Water Information. FAO, Land and Water, Erişim adresi: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/en/>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO). (2014). The Water-Energy-Food Nexus A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/421718/>
- Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı – Nairobi – Kenya. (2012). *Yasadışı kullanılan suyun azaltılması*. Cilt 6. UN-Habitat.
- Brikké ve Maarten Bredero. (2003). *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation*. Dünya Sağlık Örgütü ve IRC Su ve Sanitasyon Merkezi.
- Chico, D., Aldaya, M.M., Garrido, A. (2013). *A water footprint assessment of a pair of jeans: the influence of agricultural policies on the sustainability of consumer products*. Journal of Cleaner Production 57, 238-248.
- Chukalla, A. D., Krol, M. S., & Hoekstra, A. Y. (2015). Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 4877–4891.
- Değirmenci, H. (Erişim tarihi: Mart 2020) *Sulama Yönetimi ve Sorunları*, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10927.pdf>
- Doğdu, N. (2013). *Jeotermal Kaynak Aramalarında Hidrojeoloji Çalışmaları*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim adresi: https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_15/99.pdf
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1979). *Crop Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper, 33, Roma.
- Ekmekçi, M. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Yeraltısu Kaynaklarının Yönetimi*. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/25696600-Yeraltisuyu-kaynaklarinin-yonetimi.html>
- Ene, S.A. ve ark.(2013). *Water footprint assessment in the winemaking industry: a case study for a Romanian medium size production plant*. Journal of Cleaner Production 43, 122-135.
- Garrick, D.ve ark. (2020). *Scalable solutions to freshwater scarcity: Advancing theories of change to incentivise sustainable water use*. Su Güvenliği 9, 100055.
- Gültekin, R. (2018). *Tarımsal Kuraklıkta Su Yönetiminin Önemi*. Erişim adresi: <http://apelasyon.com/Yazi/817-tarimsal-kuraklikta-su-yonetiminin-onemi?bul=tarih>
- Güngör, Y., Erözel, Z. ve Yıldırım, O. (2004). *Sulama*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
- GYGA. (2020). *Global Yield Gap Atlas*. Erişim adresi: <http://www.yieldgap.org>
- Hamidov, A. & Helming, K. (2020). *Sustainability Considerations in Water–Energy–Food Nexus Research in Irrigated Agriculture*. Sustainability, 12, 6274. doi:10.3390/su12156274.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Hoekstra, A. ve ark. (2011). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network-Kasım 2009, Enschede, Hollanda.
- Kahraman, M.R. (Nisan 2012). *Bitki Besleme, Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi*. Erişim adresi: <http://apelasyon.com/Yazi/399-damla-sulama-ile-gubreleme-fertigasyon>
- Kaman, H. (2007). *Geleneksel Kısıntılı ve Yarı Islatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana. Erişim adresi: <http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/t7ZMre5A-392013-54.pdf>
- Kara, S. ve ark. (Aralık 2016) *Hydraulic modeling of a water distribution network in a tourism area with highly varying characteristics*. International Conference on Efficient & Sustainable Water Systems Management toward Worth Living Development, 2nd EWaS.
- Kayuki C. ve ark. (Erişim tarihi: Mart 2017). *Gübre Kullanım Optimizasyonuna İlişkin Prensipler ve Yaklaşım*. Erişim adresi: <http://africasoilhealth.cabi.org/wpcms/wp-content/uploads/2017/04/1-Fertilizer-Use-Optimization-Principles-and-Approach.pdf>
- Kilit G. (2014). *İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Değerlendirme Notu*. İktisadi Kalkınma Vakfı. Erişim adresi: <https://www.ikv.org.tr/images/files/Degerlendirme%20%20notu%2089.pdf>
- Kuruñç, A. (2019). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk, Tuzluluğa Sebep Olan Faktörler ve Tuzluluk Etmenleri Ders Notları*. Akdeniz Üniversitesi. Erişim Adresi: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiE85_4kPnpAhUqx4UKHU9CBu8QFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Faves.akdeniz.edu.tr%2FImageOfByte.aspx%3FResim%3D8%26SSNO%3D8%26USER%3D1679&usg=AOvVaw2OupTd8AjLYWhRrmk3EBL
- Ma, X. ve ark. (2018). *Life cycle assessment and water footprint evaluation of crude steel production: A case study in China*. Journal of Environmental Management 224, 10-18.
- Maher, S. ve ark. (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü). (2020). *Küçük ölçekli tarımda ürün su verimliliğini iyileştirmeye yönelik saha kılavuzu*.
- Malano, H., ve Burton, M. (2001). *Guidelines For Benchmarking Performance in The Irrigation And Drainage Sector* (ISBN 92-5-104618-2). <https://www.icid.org/BMGuidelines.pdf>.
- Mekonnen, M.M. ve Hoekstra, A.Y. (2011a) *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, Hydrology and Earth System Sciences, 15(5): 1577-1600.
- Mekonnen, M.M. ve Hoekstra, A.Y. (2011b). *Ulusal su ayak izi hesapları: Üretim ve tüketimin yeşil, mavi ve gri su ayak izi*.
- Muhammetoğlu, A., Muhammetoğlu H., Adıgüzel, A., İritaş, Ö. & Karaaslan, Y. (2018). *Management of Water Losses in Water Supply and Distribution Networks in Turkey*. Turkish Journal of Water Science & Management.



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A. Tarım ve Orman Bakanlığı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (Temmuz 2017). “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı”.
- Muratoğlu, A. (2018). *Dicle Havzasının Su Ayak İzinin Hesaplanması*. 1. Uluslararası İçme Suyu ve Atıksu Sempozyumu, Afyonkarahisar, 6-7 Aralık, 2018.
- Oakley, S. (2018). Preliminary Treatment and Primary Settling. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros (eds), *Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)*. (J.R. Mihelcic and M.E. Verbyla (eds), Part 4: Management Of Risk from Excreta and Wastewater - Section: Sanitation System Technologies, Pathogen Reduction in Sewered System Technologies), Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.60>
- Okadera, T., Chontanawat, J. ve Gheewala, S.H. (2014). *Water footprint for energy production and supply in Thailand*. *Energy* 77, 49-56.
- Özlü, T. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Sulak Alanlar ve Yönetimi Yeraltı Suları*, 19 Mayıs Üniversitesi. Erişim adresi: <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/tamero/64249/14%20Hafta-%C3%B6n%C3%BC%C5%9Ft%C3%BCr%C3%BCld%C3%BC.pdf>
- Palhares, J.C.P. ve Pezzopane, J.R.M. (2015). *Water footprint accounting and scarcity indicators of conventional and organic dairy production systems*. *Journal of Cleaner Production* 93, 299-307.
- Ruini, L. ve ark. (2013). *Water footprint of a large-sized food company: The case of Barilla pasta production*. *Water Resources and Industry* 1-2, 7-24.
- Sadras, V.O. ve ark. (2015). *Yield gap analysis of field crops- Methods and case studies*. FAO & DWFI, FAO Water Reports No. 41, Roma, İtalya. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/3/a-i4695e.pdf>
- Shrestha, S. ve ark.(2013). *Green, Blue and Grey Water Footprints of Primary Crops Production in Nepal*. *Water Resour Manage*, 27:5223–524. doi: 10.1007/s11269-013-0464-3.
- Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). (Erişim tarihi: Mat 2020). *Tertiary processes in a WWTP: Filtration and Chlorination (media type)*. Erişim Adresi: <https://sswm.info/taxonomy/term/3939/disinfection-and-tertiary-filtration>.
- Şen, Z. (2003). *Yeraltı Suyu (Hidrojeoloji)*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şengün, M.N. (2006). *Arazi Toplulaştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Sulama Suyunun Tasarruflu Kullanımına Etkisi ve Çalışmaları Yürütmesi Gereken Kurumsal Yapıdaki Yanlışlıklar*, Türkiye Mühendis Mimarlar Odası Birliği (TMMOB) Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart 2006. Erişim adresi: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/9146.pdf>
- TAGEM & DSI. (2016). *Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi*. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Turkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Su%20Tuketimi%20Rehberi%205-9-2016.pdf?Mobile=1&Source=%2FTAGEM%2F%5Flayouts%2F15%2Fmobile%2Fviewa%2Easpx%3FList%3D613f7565%2De673%2D4542%2Db8bc%2Da6717ac5d036%26View%3D7f47e11b%2D9181%2D487e%2D9373%2D633de696841b%26wdFCCState%3D1%26PageFirstRow%3D181>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Tarım Kütüphanesi web sitesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Genel bilgiler*. Erişim adresi:
<http://www.tarimkutuphanesi.com/>
- Tarım Kütüphanesi web sitesi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Zirai Mücadelenin Tanımı ve Mücadele Yöntemleri*. Erişim adresi:
http://www.tarimkutuphanesi.com/zirai_mucadelenin_tanimi_ve_mucadele_yontemleri_00185.html
- T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (Erişim tarihi: Ekim 2020). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Erişim adresi: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>
- Tekinel, O. ve ark. (2001). *Şanlıurfa-Harran Sulamasında Tuzluluk Sorunu ve Alınması Gereken Önlemler*. 1. Ulusal Sulama Kongresi, 08-11 Kasım Belek-Antalya.
- Temizel, K.E. ve Tok, S. (2019). *Farklı Sodyum Adsorbsiyon Oranı Değerlerine Sahip Sulama Sularının Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi*. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/786421>
- The Water Footprint Assesment Manual (WFAM), (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard, Water Footprint Network-Earthscan*, ISBN: 978-1-84971-279-8.
- Türkiye Cumhuriyeti, 2016/46 sayılı Tebliğ. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Sularda Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanan Nitrat Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik İy Tarım Uygulamaları Kodu Tebliği*. Erişim adresi: <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170211-12.htm>
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (BSTB), *2013 Su Verimliliği*. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü. Yayın no: 720, Ankara ISBN: 978-605-4889-02-0
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Őehircilik Bakanlığı, Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Birimi. Web sitesi: <https://ippc.csb.gov.tr/met-referans-dokumani-bref-i-3218> (Erişim tarihi: Şubat 2020).
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2020). *2018 Yılı Faaliyet Raporu*. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2020). *2019 Yılı Faaliyet Raporu*. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2019-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü web sitesi, *DSİ 2018 Faaliyet Raporu*: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2#page=52>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü web sitesi, *Toprak ve Su Kaynakları*: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (Ocak 2013). *Proje Semineri Ders Notları*. Devlet Su İşleri Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2018). *Proje Semineri Ders Notları*. Devlet Su İşleri Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 20. Bölge Müdürlüğü, 202. Şube Müdürlüğü, Gaziantep. (2018). *Terfili Sulama İhtiyaçları İçin Güneş Enerji Santrali (GES) Tesisi Kurulumu Fizibilite Raporu*.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM ve DSİ (TAGEM&DSİ). (2017). *Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri*. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Turkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tuketimleri.pdf>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2015). Türkiye’de Bitki Su Tüketimi Çalışmaları Sunumu. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/tuhk/t%C3%BCrkiye%27de-bitki-su-t%C3%BCketimi-%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümlene Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi*. Akarcay Havzası Nihai Raporu.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Durgun Suların Özümlene Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Projesi*. Yeşilirmak Havzası Nihai Raporu.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Entegre Mücadele Teknik Talimatları*. TAGEM Yayınları. Erişim Adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). *Gediz Havzası Nehir Havza Yönetim Planının Hazırlanması Projesi*. Havza Yönetim Planı Nihai Raporu. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (ÇTÜE), Kocaeli.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (2014). *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”*. 28994 sayılı Resmi Gazete.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2015). *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolüne İlişkin Teknik Usuller Tebliği”*. 29418 sayılı Resmi Gazete.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (Mart 2020). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi.
- Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Buharlaşma, Evapotranspirasyon ve Toprak Nemi*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/genel/buharlasma.aspx?s=3>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

Türkiye Cumhuriyeti, Mevzuat Bilgi Sistemi. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi Hakkında Tebliğ*. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.24144&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=K%C4%B1rsal%20Kalk%C4%B1nma%20Destekler>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. 3. *Tarım Orman Şûrası Tarımsal Sulama ve Su Yönetimi Raporu*. (2019). Erişim adresi: <http://www.tarimormansurasi.gov.tr/>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (Şubat 2017). *Sulama Sistemlerinde Su Kullanımının Kontrolü ve Su Kayıplarının Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik*. 29981 sayılı Resmi Gazete. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/02/20170216-1.htm>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). *A3.5.1. İÇME-KULLANMA SUYU SEKTÖRÜ PİLOT ALANINA İLİŞKİN FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI: MARMARİS RAPORU*. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2020). *A3.5.3. TARIMSAL PİLOT ALAN (AFYONKARAHİSAR ÇAY EBER) FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI*. 3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2015). *Akarçay Havzası Kuraklık Yönetim Planı*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2016). *İklim Değişikliklerinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi*. Erişim adresi: <http://iklim.ormansu.gov.tr/Dokumanlar.aspx>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2018). *Milli Su Yönetimi Sistemi Fizibilite Çalışması Raporu*.

Türkiye Cumhuriyeti, *Tarımsal üretime dair düşük faizli yatırım ve işletme kredisi kullanılmasına ilişkin karar*. (Erişim tarihi: Mart 2020). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180210-4.pdf>

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. 30874 sayılı Resmi Gazete. 31 Ağustos 2019. *“İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2018). *Akarçay Havzası Sektörel Su Tahsis Planı*.

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2019). *Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi*.

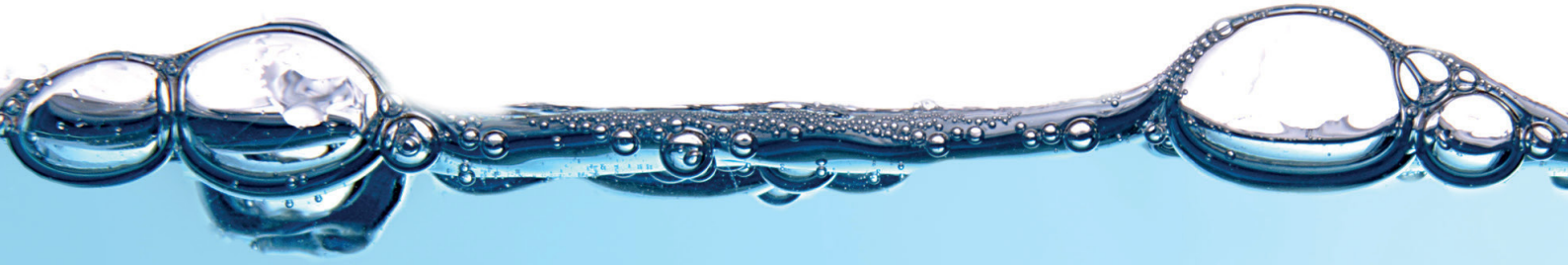
Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, TİGEM. (Erişim tarihi: Mart 2020). *Teknik Bilgiler*. Erişim adresi: <https://www.tigem.gov.tr/Sayfalar/Detay/3e499aad-4775-41ae-aeb4-2707cb44b6a0>



Bu proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

3 Pilot Havzada Nehir Havza Yönetim Planları Kapsamında Ekonomik Analizler ve Su Verimliliği
Çalışmaları için Teknik Yardım Projesi (TR2013/0327.07.01-01/001)
SU VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN METODOLOJİK REHBER

- Türkiye İstatistik Kurumu. (2018). *İstatistik Veritabanları*. Erişim adresi: <https://www.tuik.gov.tr>
- Vickers, A. (2002). *Suyun Kullanımı ve Korunması*, Amherst, MA Waterflow Press.
- Water Footprint Manual (WFM). (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network-November 2009, Enschede, The Netherlands.
- World Wide Fund for Nature (WWF). (2014). *Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu: Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi*. WWF-Türkiye ve Pegasys Strategy and Development. ISBN: 978-605-86596-7-4.
Erişim adresi: http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf
- Yoğunlu, A. (2013). *Arazi Toplulaştırma Faaliyetleri TRB1 Bölgesi*, Fırat Kalkınma Ajansı. Erişim adresi: https://fka.gov.tr/sharepoint/userfiles/Icerik_Dosya_Ekleri/FKA_ARASTIRMA_RAPORLARI/ARAZ%C4%B0%20TOPLULA%C5%9ETIRMA.pdf
- Yurtseven, E., *Sulama Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi*, Ankara Üniversitesi Ders Sunumu, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7055/mod_resource/content/0/blm%204%20Su%20kal%20deg.pdf
- Zekeriya, A.Y. (2010). *Deficit Irrigation and Root Zone Drying Applications. Determination of Efficiency and Quality Impacts in M9 Starking Delicious Apple*. Süleyman Demirel University Institute of Science Agricultural Structures and Irrigation Department (Master's Thesis).
- URL 1** Erişim adresi: <https://www.microsiervos.com/archivo/mundoreal/presas-embalses-madrid.html>. Madrid'deki "El Villar" barajında içme suyu kaptajı (İspanya).
- URL 2** Erişim adresi: www.filterclean.co.uk.
- URL 3** Erişim adresi: www.water.ca.uky.edu/dugwell.
- URL 4** Erişim adresi: https://repository.lboro.ac.uk/articles/Fixed_gravity_intake_with_sump_and_motorized_submersible_pump/7688225. Loughborough University. (Erişim Tarihi: Mart 2020). *Fixed gravity intake with sump and motorized submersible pump* (media type).
- URL 5** Erişim adresi: <https://sswm.info/taxonomy/term/3939/disinfection-and-tertiary-filtration>. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). (Erişim Tarihi: Mart 2020). *Tertiary processes in a WWTP: Filtration and Chlorination* (media type).



T.C.
T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Beştepe Mahallesi Alparslan Türkeş Caddesi No:71
Yenimahalle / ANKARA, PK: 06560
Tel: (0312) 207 63 30